GRUPO FRG FEIRAS E EVENTOS

ANAIS DO CIBIO - CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOMASSA

4ª Edição do Cibio

25 a 27 de junho de 2019

EDITORES

Marcelo Langer
Dimas Agostinho da Silva
Frederico Ramon Machado Teixeira
Gustavo Mazurek de Souza

Curitiba – PR – Brasil

2019

Local: Expotrade Convention Center, Pinhais, PR. Brasil

Distribuição on-line sob solicitação. Trabalhos Científicos em Português, Inglês e Espanhol. Publicação Anual.

Os conteúdos e formatações dos textos deste "Anais" são de responsabilidade de seus autores.

Ficha catalográfica elaborada pela

Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Congresso Internacional de Biomassa – CIBIO (4. : 2019 ; Curitiba, PR)
Anais do Cibio : Congresso Internacional de Biomassa, 4. ed. do Cibio, 25 a 27 de junho de 2019. - Pinhais, PR, Brasil: Grupo FRG, 2019.

Editores: Marcelo Langer, Dimas Agostinho da Silva, Frederico Ramon Machado Teixeira, Gustavo Mazurek de Souza.
ISBN: 978-65-80580-01-9

1. Biomassa – Congressos. 2. Energia – Fontes alternativas – Congressos. 3. Biomassa vegetal - Congressos. 4. Biotecnologia – Congressos. 5. Congressos – Brasil. I. Langer, Marcelo. II. Silva, Dimas Agostinho da. III. Teixeira, Frederico Ramon Machado. IV. Souza, Gustavo Mazurek de. V. Título.

CDD – 662.88
CDU – 620.9

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160

COMITÊ CIENTÍFICO

Presidente Científico IV Cibio
Dimas Agostinho da Silva

Coordenador Geral do Comitê Científico IV Cibio
Marcelo Langer

Coordenação Editorial dos Anais IV Cibio
Marcelo Langer – Coordenador Geral
Dimas Agostinho da Silva
Frederico Ramon Machado Teixeira
Gustavo Mazurek de Souza

Membros de Avaliação Científica do IV CIBIO
Adriana Vilela – Rima
Aécio Dantas – UFRRJ
Alan Sulato de Andrade – UFPR
Alessandra Cristine Novak Sydney – UTFPR/PG
Alexandre Behling – UFPR
Ana Carolina Tedeschi Gomes Abrantes – UNINTER
Ana Luisa Fernando – Universidade Nova de Lisboa
Ana Paula Câmara – UFES
Ana Paula Namikata da Fonte – UFPR
Anadalvo Juazeiro dos Santos – UFPR
Ananda Virginia de Aguiar – Embrapa Florestas - Colombo PR
Ananias Francisco Dias Júnior – UFES
Anderson Carlos Marafon – Embrapa
André Bellin Mariano – UFPR
Angélica de Cassia Oliveira Carneiro – UFV
Augusto Valencia Rodriguez – BiomTec
Aylson Costa Oliveira – UFMT
Barbara Corrad – UFMT
Beatriz Santos – UFPR
Bruno Laviola – Embrapa
Carla Krulikowski Rodrigues – Unicentro
Carla Silva – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque – UFPR
Carlos Juliano Albuquerque – UFMG
Carlos Rogério Andrade – UFJ
Carlos Sette – UFG
Christine Laroca – UTFPR
Cristofer Bernardi Scremim – UNICURITIBA
Danni Maisa da Silva – UERGS
Dhyogo Miléo Taher – UFPR
Diego de Oliveira Corrêa – UFPR
Diego Piazza – UCS
Dile Pontarolo Stremel – UFPR

Dimas Agostinho da Silva – UFPR
Divanilde Guerra – UERGS
Dorival Pinheiro Garcia
Ecio Rodrigues – UFAC
Edson Alves de Lima – Embrapa
Eduardo Bittencourt Sydney – UTFPR
Eduardo da Silva Lopes – UNICENTRO
Eduardo Lorensi – UERGS
Elaine Cristina Leonello – UNESP
Eleandro José Brun – UTFPR
Eliane Lopes da Silva – UFPR
Elias Costa – UFES
Elisabeth Penner – UTFPR
Fabiane Ferro Salles – UNICENTRO
Felix Gonçalves De Siqueira – Embrapa
Fernando Castanheira Neto
Fernando José Borges Gomes – UFRRJ
Fernando Luiz Marcelo Antunes - UFC
Fernando Rei
Fernando Santos – UERGS
Flávia Schwarz Franceschini Zinani – UNISINOS
Gilson Martins - UFPR
Giuliano Fernandes Zagonel – Tecpar
Gleison Santos – UFV
Hassan Camil David – UFRA
Helena Cristina Vieira – UFPR
Humberto de Jesus Eufrade Júnior – UNESP
Ivan Venson – UFPR
Jaçanan Eloisa de Freitas Milani – UDESC
Janaina Camile Pasqual Lofhagen – PUC/PR
Jaqueline Lidorio de Mattia – Universidade Nova de Lisboa
Javier Farago Escobar – USP
Jean Carlos Lopes – UFES
João Gabriel Missia da Silva – UFES
João Rodrigo Coimbra Nobre – UEPA
Joielan Xipaia – UFPR
Jorge Danillo Zea Camaño – UFPR
José Alberto Cerri – UTFPR
José Dilcio Rocha – Embrapa
José Roberto Moreira – Instituto de Energia e Ambiente USP
José Viriato Coelho Vargas – UFPR
Juliana Ceccato Ferreira – UFJ
Juliana Degenhardt Goldbach – Embrapa
Lívia Alencar
Lizz Kezzy de Morais – Embrapa
Luan Felipe Feitosa da Silva – UFPR
Luciano Rodrigo Lanssanova – IFMT
Lucieli Rossi – UFPR
Luiz César Ribas – UNESP
Maiara Ramires Figueiredo – UERGS

Marcelo Langer – UFPR
Marcelo Wiecheteck – STCP
Márcia Justino Rossini Mutton – UNESP
Marcia Silva de Araujo – UTFPR
Márcia Silva de Jesus – UFV
Marcos Antonio Miranda – UFV
Marcos Baroncini Proença – UNINTER
Margarida Gonçalves – Universidade Nova de Lisboa
Marilin Mariano – IEE/USP
Mario Coelho
Marlon Cristian Toledo Pereira – UNIMONTES
Martha Andreia Brand – UDESC
Mayara Elita Braz Carneiro – UFPR
Melina D'Villa Silva – Senai MS
Miguel Angelo Mutton – UNESP
Moisés Lobão
Nelson Yoshihiro Nakajima – UFPR
Osmar José Romeiro de Aguiar – UEPA
Oswaldo Lucon
Pamela Coelho Tambani – IPT
Patricia Ribeiro – UNB
Paulo Eichler
Paulo Fernando Trugilho – UFLA
Paulo Martins
Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori – UFPR
Pericles Pinheiro
Ramiro Faria França – UFPR
Regina Caetano Quisen – Embrapa
Regina Celia Espinosa Modolo – UNISINOS
Robson Bohrer – UERGS
Romano Timofeiczyk Junior – UFPR
Rosimeire Cavalcante dos Santos – UFRN
Rudson Silva Oliveira – UFPR
Rui André Maggi dos Anjos – UFPR
Safi Amaro Monteiro
Sarita Cândida Rabelo – UNESP
Saulo Philipe Sebastião Guerra – UNESP
Silvana Nisgoski – UFPR
Silvia Angélica Domingues de Carvalho – UNESP
Silvia Nietsche – UFMG
Simone Ribeiro Morrone – UFPR
Sofia Rocha – UFES
Tassiano Maxwell Marinho Camara – Embrapa
Terezinha de Fátima Cardoso
Thiago Campos Monteiro – UFPR
Thiago Oliveira Rodrigues – IBICT
Thiago Wendling Gonçalves de Oliveira – UFPR
Thúlio Cícero G. Pereira
Vanessa Garcilasso – IEE/USP
Vitor Afonso Hoeflich – UFPR

Washington Luiz Esteves Magalhães – Embrapa
Wellington Gustavo Bendinelli – UNESP
Willian Pereira Gomes – SENAI/MS
Moises Knaut Tokarski – OCEPAR
Thiago de Paula Protásio – UFRA
Reginaldo Ferreira Santos – UNIOESTE

Coordenadores de Painéis Científicos do IV CIBIO
Prof. Marcelo Langer – UFPR
Profa. Cássia Maria Lie Ugaya - UTFPR
Augusto Valência – BIOMTEC
Prof. Saulo Guerra – FCA/UNESP
Prof. Alexandre Behling – UFPR
Prof Nelson Nakajima – UFPR
Prof. Pedro H. Cademartori – UFPR
Prof. Eduardo B. Sydney – UTFPR
Bruno César Fade

Palestrantes do IV CIBIO
Profª. Graciela I. Bolzon de Muniz - Vice-reitora da UFPR
Fabio Cammarota - TECPAR
Ruberval Baldini - ABEAMA
Prof. Dimas Agostinho da Silva - UFPR - **Presidente de Honra do CIBIO**
Radamés Parmeggiani - HRV
Stefano D´andrea - ENAMA
Robert Stam e Danilo Anjos Blanco - PETERSON CONSULTING
Marcelo Joaquim - TMSA
Joel Rosa - GABOARDI
Dorival Pinheiro - GRUPO FAIT
Abraham Valdez Pasalo Júnior- KOALA ENERGY
Elisa Pizzaia Goltz - MARRARI
Chrystian Oliveira Jorge - CONTROL UNION
Felipe Queiroz Coelho - FUNDAÇÃO VANZOLINI
Ronaldo Ribas - BRDE
Jonny Stica - FOMENTO PARANÁ
Rogério Schmalfuss - SOUTHCORP SEGUROS
Paulo Malavoglia - TURBIMAQ
Rodrigo Duarte - A1 ENGENHARIA
José Serra - TGM TURBINAS
William Barbassa - WORTICE
Leonardo Caio - COGEN
José Maurício Mottin de Andrade - IBTI
Carlos Bebiano - SSM SOLAR DO BRASIL
Aurélio Souza - USINAZUL
Leonardo Diniz - SICES SOLAR
Wilson Machado WW ENERGIAS RENOVÁVEIS
Liciany Ribeiro - RIBEIRO SOLAR
Profa. Cássia Maria Lie Ugaya - UTFPR

Felipe Queiroz Coelho - FUNDAÇÃO VANZOLINI
Regiane Rocio de Brito - INMETRO/PR
Edivan Cherubini - ENCICLO
Michele Scachetti - BASF
Tiago Barreto Rocha - ACV BRASIL
Adriana Vilela - GRUPO RIMA
Marcelo Wiecheteck - STCP
Fernando Latorre - VALLOUREC
Augusto Valência - BIOMTEC
Davi Braga - VALLOUREC
Gabriel L. M. Marques - SERF
Willian Pereira Gomes - Instituto SENAI de Inovação em Biomassa
Humberto de Jesus Eufrade Junior - FCA/UNESP
Murillo Galli - IBS ENERGIA/SP
Danila Estevam - EUCATEX/SP
José Marcos de Freitas - FLORENA NEGÓCIOS FLORESTAIS
Elaine Leonello - FCA/UNESP
Luis César Ribas - FCA/UNESP
Prof. Razer Anthom - UFPR
Prof. Abel Siqueira - UFPR
Jonathan William Trautenmuller - UFPR
Prof. Jaime Wojciechowski - UFPR
Deivison Venicio Souza - UFPR
José Henrique Ferreira - BRISA
Eduardo Saboia
Rodrigo Régis de Almeida Galvão - CIBIOGÁS
Natali Nunes dos Reis da Silva - CIBIOGÁS
Janaina Camile Pasqual Lofhagen -PUCPR
Cícero Bley - BLEY CONSULTORIA
Leonardo Diniz - SICES
Silvia Belém - EMBRAPA ENERGIA
Lorenzo Pianigiani, - SEBIGAS CÓTICA
Mário Coelho - ABBM
Alessandro Sanches - ABIOGÁS
Mercedez Blazquez - LOW CARBON BRAZIL
Cicero Bley - FIEP
Maurício Viana - MCV CONSULTORIA EMPRESARIAL
Washington Luiz Esteves Magalhães - EMBRAPA FLORESTAS
Germano Siqueira - Suzano
Giovana Bronzato - UNESP/Botucatu
José Roberto Pereira - BORREGAARD LIGNOTECH
Erika Barbosa Neves - BUCKMAN LATIN AMERICA
Edson Orikassa - Toyota
Helton José Alves - ABH2 / UFPR
Walter José Martinez Burgos - UTFPR
Guilherme Zepon - UFSCAR
Daniel Lopes - HYTRON
Erich Schaitza - EMBRAPA FLORESTAS
Saulo Guerra - UNESP
José Dilcio Rocha - EMBRAPA TERRITORIAL

Pedro Frâncio - FRANCIO CONSULTORIA
Ana Alvarez - CONTROL UNION
Carolina Palhares - CONTROL UNION
David Sayeg - DSJ ENERGIA
Diogo Lorenzetti - CONTROL UNION
Marcus França - HALLCO INDUSTRIES
Marcelo Lazzarotto - EMBRAPA FLORESTA
José Mauro Moreira - EMBRAPA FLORESTA
Neri Pires - METALESP
William Barbassa - WORTICE
Thiago Bongiovanni - INOXPAR
Alexandre Alonso Alves - EMBRAPA AGROENERGIA
Zilmar Souza - UNICA
José Antonio Bressiani - GRAMBIO
Marcelo Pierossi - LIDERA
Antony Soranzo - SUTIL MÁQUINAS
Rodrigo Correa - PARCERIA SOLAR e AGESOLAR
Hamilton Moss
Ruberval Baldini - ABEAMA
Felipe Aquino - SPECTRAL SOLUTIONS
Reges Dias - BIOCAL
Bill Costa - TECPAR
Danilo Cândia - Bambu Carbono Zero
Celso Salamon
Elen Morales
Prof. Marco A. dos R. Pereira - UNESP
Paulo Foggiato
Bruno Cesar Fade - ASSOCIAÇÃO PARANÁ BAMBU
Rebeca P. Kuperstein - ASSOCIAÇÃO PARANÁ BAMBU
João Luiz Veiga Silva Filho - ASSOCIAÇÃO PARANÁ BAMBU
Osmarino da Silva Borges Filho
Hans Kleine - BAMBUSC
Maria Tereza Pedrosa Silva Clerici - UNICAMP
Paulo Bustamente -BAMBUSEIRA
Juliana Cortez - UNESP
Maristela Gava - UNESP

Moderadores do IV CIBIO
José Dilcio Rocha – EMBRAPA
Prof. Fernando Santos - UERGS
Ruberval Baldini – ABEAMA
Prof. Marcelo Langer - UFPR
Augusto Valência – BiomTec
Prof. Saulo Philipe Sebastião Guerra - FCA/UNESP
Prof. Alexandre Behling – UFPR
Prof. Nelson Nakajima - UFPR
Mário Coelho – ECOTERRA-BIO
Prof. Pedro H. Cademartori – UFPR
Prof. Eduardo B. Sydney UTFPR
Prof. Dimas Agostinho da Silva – UFPR

Roberto Bonse – STCP Engenharia de Projetos Ltda.
Anderson Carlos Marafom – EMBRAPA
Daniel Capobianchi – HUBBAMBOO
Aurélio Souza - USINAZUL

Estagiários Voluntários IV Cibio
Johnny Tarcízio Negoseki, Acadêmico Engenharia Industrial Madeireira, UFPR
Frederico Ramon Machado Teixeira, Acadêmico Engenharia Industrial Madeireira, UFPR
Gustavo Mazurek de Souza, Acadêmico Engenharia Industrial Madeireira, UFPR.

SUMÁRIO

Comitê Científico v
Introdução xxi
Prefácio xxii
Agradecimento do Presidente do IV Cibio xxiv

CAPÍTULO 1. BIOMASSA AGRÍCOLA 25

Aproveitamento Energético de Resíduos das Indústrias de Etanol e Biodiesel para a Produção de Metano e Hidrogênio em Sistema de Duas Etapas 26

Aspectos ambientais no uso de biomassa florestal na fumicultura no estado do Rio Grande do Sul 27

Avaliação da produtividade de Variedades de Cana-de-Açúcar em respostas a sistemas de adubação na Região Noroeste do Rio Grande do Sul 33

Avaliação da Produtividade em Respostas a Aclimatação de Variedades de Cana-de-Açúcar na Região Noroeste do Rio Grande Do Sul 39

Avaliação das propriedades rurais com reatores biológicos em operação para produção de biogás 45

Avaliação de um secador solar para secagem de resíduos de pupunha 46

Avaliação do potencial energético de resíduos de *Zea Mays* 52

Avaliação do potencial uso dos resíduos de poda da *Terminalia catappa L.* como biomassa para produção de etanol de segunda geração 53

Bioenergy potential of the new elephant grass genotype PCEA stem grown under sustainable traits 54

Biotransformação de resíduos de coco (*Cocos nucifera L.*) utilizando a técnica de incineração em forno Mufla 60

Caracterização física e química da casca de café carbonizada 61

Comportamiento agronómico de variedades de higuerilla (*Ricinus communis L.*) para el trópico húmedo en México 62

Composição química e física da casca do fruto de *Dipteryx alata* Vogel 67

Comprehensive use of agroindustrial waste from Palma 68

Crescimento e produtividade de cártamo em função da profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora 70

Desarrollo de nuevas variedades de *Jatropha curcas L.* en México para la producción de biodiesel 76

Efeito da compactação do solo na germinação de *Eragrostis plana* Nees em Latossolo Vermelho Distroférrico 81

Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular da canola (*Brassica napus*) 82

Efeitos da densidade do solo no desenvolvimento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus L. var oleiferus Metzg*) 83

Effect of Additive over the High Heating Value of Pellets, Produzed from Different Biomass 85

Emergência, crescimento inicial e componentes de produção de cultivares de cártamo 87

Estudo técnico-econômico da implantação de um sistema de cogeração com biogás em uma fazenda leiteira 98

Extração de óleo de sementes de maracujá do resíduo agroindustrial da produção de polpas e sucos via CO2 Supercrítico. 104
Extrato de folha de crambe sobre o desenvolvimento inicial de milho (*Zea Mays*) 105
Geoprocessamento aplicado na determinação da biomassa oriunda de cana-de-açúcar no Município de Barra Bonita – SP, visando a geração de energia limpa. 106
Importância da Biomassa na Agricultura familiar nas abordagens - convencional, alternativa e agroecológica: uma revisão bibliográfica 107
Influência da compactação do solo no desenvolvimento da cultura do amendoim 108
Irrigação com esgoto doméstico tratado em área cultivada com laranja 109
Manejo eficiente de fertilizante nitrogenado na cultura do cártamo 111
O uso da metodologia emergética como ferramenta de avaliação da produção de bioquerosene oriundo de palmáceas 117
Otimização da produção de biocombustível na África subsaariana 118
Potencial de produção de biomassa e etanol celulósico a partir de plantas de cobertura do solo 119
Potencial Produtivo de Biomassa de Cártamo em Genótipos cultivados em Épocas de Semeadura no Oeste do Paraná. 125
Preparation of biodegradable composites with peach palm biomass 131
Processo de secagem natural da madeira para o uso como biomassa florestal na fumicultura no estado do Rio Grande do Sul 132
Produção de biomassa de *Scenedesmus sp.* em um sistema aberto utilizando tanque *raceway* e avaliação da produção de lipídios 139
Produção de biomassa em cultivos alternativos de *chlorella sp.* utilizando resíduo líquido de fecularias suplementado com bicarbonato de sódio 145
Produção de mandioca de indústria em área de mata alterada e de cerrado de Roraima 151
Produção de sorgo de biomassa em Roraima 152
Profundidades de semeadura e pressões da roda compactadora no enraizamento e desenvolvimento de Cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) 153
Prospecção tecnológia de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar: uma macroanálise de artigos e patentes 154
Reflexos das impurezas minerais na qualidade da cana-de-açúcar 160
Resposta do bambu gigante à adubação nitrogenada 166
Teor de óleo do grão de crambe extraído sobre diferentes variações de temperatura e umidade relativa 170
CAPÍTULO 2. BIOMASSA FLORESTAL 171
A Utilização de Biomassa Lenhosa em Pizzarias do município de Chapecó, SC 172
Acacia mearnsii: Um estudo de caso para fins de uso múltiplo 178
Análise do estoque de biomassa aérea de *Pterogyne nitens* no sudoeste da Bahia 184
Aplicação do lidar para estimar mudanças na biomassa florestal em áreas de exploração madeireira na Amazônia 189
Aproveitamento e produtos lignocelulósicos para a produção de briquetes 195
Aumento do teor de potássio nas folhas do bambu em função da adubação 201
Avaliação da qualidade do lenho de duas espécies da floresta amazônica 206
Avaliação do potencial energético dos resíduos lignocelulósicos gerados no campus da UNIFOR 207

Biomassa de desrama de materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. na região do Sudoeste do Paraná 213
Caracterização energética do carvão de Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Kuntze 219
Caracterização química elementar da biomassa de tocos e raízes de dois clones de *Eucalyptus* spp. 225
Comparação de metodologia de secagem de diferentes biomassas 230
Crescimento inicial de um povoamento clonal *Corymbia* inoculado com fungos ectomicorrízicos 236
Densidade básica da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos e ao longo do fuste 241
Desempenho silvicultural de materiais genéticos de *Eucalyptus* e *Corymbia* no sudoeste do Paraná 247
Determinação da variação radial da densidade básica de *Acacia mangium* e *Melaleuca alternifolia* 252
Determinação da variação radial da densidade das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis* 254
Determinação das Propriedades Energéticas da Madeira e dos pellets a partir da espécie de *Eucalyptus cloeziana* 261
Dinâmica de floresta explorada com técnicas de impacto reduzido na Amazônia Oriental 267
Equivalência energética da madeira de *Eucalyptus cloeziana* comparativamente à um combustível de origem fóssil para suprir uma demanda energética anual 269
Estimativa de biomassa aérea em floresta de Terras Indígenas da Bacia do rio Iguaçu com a ferramenta GEOBIOMASS 275
Predição do Poder Calorífico Superior (PCS) da casca de algumas espécies de coníferas norte-americanas 277
Predição do valor calorífico de madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus* spp. 283
Propagação vegetativa de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. Visando à produção de Biomassa 289
Quantificação de carbono em um povoamento de floresta estacional semidecidual no município de Rubim - MG 295
Reduções na biomassa em áreas de concessão florestal na Amazônia 301
Simulação do volume de lenha, moirões, biomassa e carbono para a espécie *Eremanthus incamus* (LESS.) LESS localizada em uma área em Diamantina -MG 307
Variações no espaçamento de plantio modificam a eficiência no uso da radiação solar da *Acacia mearnsii* 309
Viabilidade técnica para implementação de uma empresa de produção de pellets de resíduos de madeira no norte do estado de Mato Grosso 315
CAPÍTULO 3. BIOMASSA COPRODUTOS ANTRÓPICOS URBANOS 316
Avaliação da Obtenção de Sólidos Totais (Brixº) através de Hidrólise com Ácido Fosfórico em Plantas de *Eichhornia crassipes* 317
Avaliação do Teor Sólidos Solúveis Totais (Brixº) da planta *Eichhornia crassipes* através de Hidrólise Ácida com Ácido Clorídrico 318
Avaliação do Teor Sólidos Solúveis Totais (Brixº) da planta *Eichhornia crassipes* por Hidrólise Ácida com Ácido Fosfórico 319
Biorremediação de efluentes por meio da aplicação de microalgas 320

Determinação de Sólidos Solúveis Totais (Brixº) da Biomassa de *Eichhornia crassipes* por Hidrólise Básica com Hidróxido de Sódio 322
Determinação do Teor de Umidade de dois tipos de *Eichornnia crassipes* 323
Modelagem estatística da produção de bioetanol proveniente de rejeitos de frutas 324
Purificação de óleo residual utilizando agentes adsorventes para utilização como matéria-prima na produção de biodiesel 330
Quantificação do Teor de Sólidos Solúveis Totais (Brixº) de Biomassa de *Eichhornia crassipes* através Hidrólise com Ácido Sulfúrico 336
CAPÍTULO 4. OUTRAS FONTES DE BIOMASSA 337
Análise inicial das propriedades energéticas da casca de *Citrus sinensis* 338
Aprendizado de máquinas aplicado à produção de biomassa de microalgas através da calibração e validação de fotossensores 339
Automação 4.0 de Esmagadora de Grãos e Aplicação Energética de Óleo de Amendoim 340
Dinâmica da população microbiana e a produtividade de biogás no processo de co-digestão de dejeto bovino com soro de ricota, e dejeto bovino com resíduos de Estação de Tratamento de Esgoto de cervejaria 347
Efeitos da expressão constitutiva dos genes TPO2 e TPO3 na tolerância ao ácido acético de uma linhagem industrial de *Saccharomyces cerevisiae* 349
Efeitos inibitórios de derivados de furano e ácidos fracos no crescimento celular e produção de etanol por *Sugiyamaella xylanicola* 350
Estudo do pré-tratamento do pseudocaule da bananeira para a produção de etanol 2G 351
Grupos microbianos no processo de Co-digestão Anaeróbia: Taxa de decaimento e concentração de metano como indicadores de funcionamento e produtividade 352
Hidrólise, destoxificação e fermentação da fração hemicelulósica da torta de dendê (*Elaeis guineensis*) com linhagens de *Scheffersomyces stipitis* 354
Implicações da escarificação e gessagem na melhoria da estrutura de um Latossolo argiloso sob sistema plantio direto 359
Implicações da escarificação e gessagem nas perdas de nutrientes por erosão em um Latossolo argiloso sob sistema de plantio direto 360
Laboratory investigation of the effect of iron supplementation on microalgae biomass production 361
Melhoramentos da fermentação de xilose com linhagem de *Saccharomyces cerevisae* recombinante para o transportador HXT1 367
Método para análise de risco de investimentos associados com a implatação de sistemas de geração distribuída de energia elétrica a partir do biogás produzido em estações anaeróbias de tratamento de esgoto 368
Padronização das condições de produção de biomassa de microalgas em escala de engenharia 369
Potencial energético do resíduo gerado na indústria de reciclagem de papel para aproveitamento no processo produtivo 370
Produção de biomassa de microalgas: Scale-up 371
Recuperação de eletricidade com implementação de usina de biogás utilizando resíduos orgânicos provenientes do abate de bovinos em matadouros de Araguaína - TO para geração de eletricidade - um estudo de caso 372

Viabilidade da codigestão de soro de ricota na biodigestão anaeróbia de dejetos bovinos: potencial energético e produtividade 378
Viabilidade na codigestão de resíduos de estação de tratamento de cervejaria na biodigestão anaeróbia de dejetos bovinos 380
CAPÍTULO 5. ENERGIA DE BIOMASSA 382
A biomassa da cana-de-açúcar como insumo para energia renovável 383
Análise bibliométrica da produção científica internacional do uso de resíduos urbanos na geração de biomassa para energia 391
Análise da pirólise da madeira de *Eucalyptus*: vapores pirolíticos da micropirólise e o bio-óleo da pirólise rápida 397
Análise da Viabilidade Econômica da Microgeração de Energia Elétrica de Biomassa para Consumidores Rurais Considerando a Tarifa Branca 398
Análise de gêiseres formados na combustão do caroço do açaí (*Euterpe oleracea*) como fonte de energia térmica 405
Análise de Produção de Energia Elétrica via Biomassa Residual de Serraria 406
Análise experimental de um gaseificador de biomassa 412
Análise técnica da produção e caracterização físico-química do biodiesel oriundo de óleos vegetais via transesterificação alcalina homogênea 418
Avaliação da degradação térmica e da energia de ativação da lignina kraft industrial 423
Avaliação da produção de biogás obtido a partir da codigestão anaeróbia de dejetos de aves e efluente da lavagem de ovos 429
Avaliação da produtividade na fermentação anaeróbia de resíduos de processamento de batatas 430
Avaliação das culturas perenes *Arundo donax* e Switchgrass (*Panicum virgatum*) para fitorremediação de solos contaminados com metais pesados. 436
Avaliação do comportamento do bagaço de cana-de-açúcar e eucalipto com carvão mineral em processos de fluidização 437
Avaliação do potencial bioquímico de biogás e metano de resíduos do processamento da carne de peixe 439
Biodigestão anaeróbia aplicada a resíduos orgânicos provenientes da fabricação de vinho 441
Bioenergia como valor agregado à biomassa de espécies para remediação de solo com resíduos de diclosulam 443
Biomassa Oliveira: Cenário atual perspectivas 449
Caracterização física e mecânica do carvão vegetal comercializado na região serrada sul de Santa Catarina 451
Caracterização química da biomassa de *Inga striata* e *Eremanthus crotonoides* 458
Caracterização química imedia da madeira de *Tectona grandis* 459
Carbonização da madeira de quatro espécies florestais nativas 460
Carbonização hidrotérmica de resíduos do café 467
Chemical and Energetic Use of Tobacco Biomass 473
Cinética da pirólise para resíduos de girassol - modelo de energia de ativação distribuída 474
Cinética de decomposição térmica do Bambusa Tuldoides via análise termogravimétrica (tga) 480

Composição química do extrato pirolenhoso de eucalipto e jurema preta frente à velocidade de carbonização 487
Descrição das características anatômicas e químicas do *Salix* x *Rubens* Schrank 493
Descrição das propriedades físicas do cultivar *Salix* x *Rubens* Schrank 501
Determinação do Potencial Energético Teórico produzido a partir de Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos para geração de energia elétrica 506
Dimensionamento de um tanque de mistura para produção de biodiesel via transesterificação alcalina homogênea 512
Efeito da posição longitudinal e tipo de lenho no rendimento em carvão de clones de Eucalyptus plantados na Amazônia 518
Energia de biomassa residual: Processamento de madeira em tora em Santa Catarina 519
Espaçamento e clone de eucalipto interferem no poder calorífico e na densidade energética da madeira 525
Estudo da decomposição térmica do sabugo de milho: abordagem via modelos cinéticos 531
Estudo do potencial de geração de energia elétrica através da biomassa residual de uma pequena propriedade rural da zona da mata mineira 537
Estudo sobre o potencial energético da densificação e gaseificação de resíduos de indústria madeireira na geração de energia elétrica 543
Estudo técnico-econômico da implantação de um sistema de cogeração com biogás em uma fazenda leiteira 549
Evaluation of the products generated from pyrolysis of different peels (orange, sweet lime, mandarine and rangpur lime) 555
Geração de energia elétrica com a biomassa gerada através da poda das árvores de Maringá-PR 562
Influence of the drying process of lignocellulosic residues for methane production 563
Influência da temperatura e composição de blendas binárias biodiesel/petrodiesel nas suas propriedades reológicas 568
Influência do tempo de permanência nas fases endotérmicas e exotérmicas da carbonização na qualidade do carvão vegetal para uso doméstico 569
Métodos de pré-tratamento em materiais lignocelulósicos para produção de biogás 575
Normalização para caracterização de Biomassas Sólidas com Finalidade Energética 581
O Biogestor como tecnologia social: Um estudo de caso na comunidade rural do Cabeço, localizada no município de Jandaíra/RN 587
Obtenção de biogás a partir da digestão anaeróbia do resíduo de rúmen bovino 593
Operação de PCH'S e PCT sob perspectiva comercial integrada 594
Otimização do Pré-Tratamento da Casca de Coco da Baía para a produção de Etanol 2G 600
Poder calorífico superior de amostras secas em estufa das árvores analisadas em Maringá-PR 602
Potencial de emissão de biogás de célula já finalizada do aterro sanitário municipal de Cascavel - PR 603
Potencial de produção de metano a partir da vinhaça avaliando diferentes tipos de alcalinizantes 609
Potencial de uso da biomassa florestal na geração de energia térmica e elétrica pela indústria do estado do Rio de Janeiro 615

Potencial energético de diferentes biomassas disponíveis no Brasil 616
Potencial energético do bambu, como alternativa sustentável para aplicação em sistemas agrossilviculturais e agricultura familiar 622
Potencial rendimento na produção de lipídios para geração de energia a partir de microalgas cultivadas em diferentes tipos de águas residuais 628
Produção biológica de hidrogênio a partir de água residuária de cervejaria 634
Produção de biogás a partir de esterco caprino como perspectiva para geração de energia no nordeste 636
Produção de biogás a partir de vinhaça e glicerina: Uma comparação das condições de mono-digestão e co-digestão anaeróbia 637
Produção de biogás para geração de energia elétrica a partir de dejetos de animais : estudo de caso da Universidade de Fortaleza 638
Produção de briquetes para energia utilizando resíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. 644
Propriedades energéticas de bio carvões pirolíticos de biomassas residuais 646
Propriedades químicas e energéticas do carvão vegetal comercializado na região serrana sul de Santa Catarina 652
Propriedades volumétricas irregulares de blendas binárias biodiesel/petrodielsel: aspectos científicos e tecnológicos 659
Prospecção de locais para implantação de plantas de biogás no Paraná 660
Qualidade energética da carbonização de quatro espécies florestatis do litoral catarinense 667
Rentabilidade e risco na produção de cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Minas Gerais 673
Síntese de fluxogramas alternativos para o processo de geração de energia a partir de RSU 678
Sugarcane juice: a nutritional and energetic alternative 684
Sustentabilidade energética da soja em Cascavel e Lucas do Rio Verde: escoamento da safra 686
Uso energético da madeira de quatro espécies florestais do litoral do estado de Santa Catarina 692
Utilização de diferentes frações de argila bentonita para remoção de umidade de óleo residual por adsorção 699
Value-added bioproducts from waste of banana production 704
Variação da produção de "grimpas" em árvores isoladas de *Araucaria Angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em campo nativo 706
CAPÍTULO 6. OUTRAS APLICAÇÕES DA BIOMASSA 713
Absorção de impacto em painéis honeycomb de bambu 714
Análise físico-mecânica de painéis de resíduos de cana-de-açúcar com adição de poliestireno 715
Armazenamento de gases em pressões moderadas utilizando carvão ativado com adsorvente 716
Capacidade antifúngica de suspensões estáveis de lignina e timol contra o fungo *Ganoderma applanatum* 718
Caracterização Química de Diferentes Fibras Vegetais 724
Comparação de diferentes biomassas como fontes de carbono no processo de compostagem de resíduos biogênicos 726

Descrição das propriedades mecânicas do cultivar *Salix* x *Rubens* Schrank 733
Estudo cinético na adsorção do corante azul de metileno sobre o biossorvente bagaço da cana-de-açúcar 739
Estudo da adsorção do corante Azul de Metileno sobre o biossorvente bagaço da cana-de-açúcar 745
Estudo da cinética e isoterma de adsorção do material hidrofílico aplicado ao biodiesel proveniente do efluente de abatedouro de aves 751
Germinação e crescimento inicial de linhaça em função da salinidade 752
O uso de biomassa na produção de combustível sustentável para a aviação: O programa “eco-skies” da United Airlines 759
Potencial geração de biopolímero através de microalgas aplicadas em águas residuais urbanas 760
Produção de briquetes a partir de resíduos da indústria de palmito pupunha 766
Propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar com diferentes granulometrias 772
Qualidade de painéis aglomerados de resíduos de sorgo e madeira 777
Teor de Sólidos Solúveis Totais de Biomassa de Farinha de Mandioca Vencida Submetida Hidrólise Alcoólica e Ácida 783
Uso de cinzas de casca de arroz para produção de suportes catalíticos do tipo Si-MCM-41 784
Production of micro-mesoporous activated carbons from various citrus waste 790
CAPÍTULO 7. BIOTECNOLOGIA E BIOENGENHARIA DE BIOMASSA 797
Avaliação do rendimento de biogás e metano a partir da codigestão anaeróbia de dejetos suíno, bovino e de aves na presença de inóculo aclimatado 798
Comparação estatística entre duas metodologias para a esterificação catalítica de ácidos graxos com álcool 800
Evaluación y caracterización anatómica de tres especies de bambúes Colombianos para el desarrollo de biomateriales. 801
Hidrólise básica como método potencial para a extração da fração hemicelulósica da biomassa do bagaço de cana 802
Influência do regime de bolhas no desenvolvimento do cultivo de microalgas em fotobiorreatores do tipo airlift 803
Potencial de utilização de micélio fúngico para produção de biomateriais a partir de biomassas brasileiras 804
Potentiality of *Raphanus sativus* L. in biorefinery processes 814
Pré-Tratamento Químico para a Produção de Nanocelulose a Partir de Cigarros 816
Produção de biomassa de *Tetradesmus obliquus* por meios sintéticos e efluente agroindustrial 818
Produção de butanol por *Clostridium beijerinckii* NRRL B-598 utilizando milhocina e melaço comercial como nutrientes 824
Produção de endoglucanase a partir da bioconversão da biomassa residual de batata inglesa por *Aspergillus niger* 830
Syngas fermentation by *Clostridium carboxidivorans* using low cost media 836
CAPÍTULO 8. OUTRAS TECNOLOGIAS PARA BIOENERGIA 841
Célula Solar Sensibilizada pelo Corante da *Prunus domestica* 842

Climate model and annual suitability for *Eucalyptus grandis* production using CLIMEX in the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil 843

Clonagem de transportadores de sacarídeos oriundos de *Spathaspora arborariae* em linhagem recombinante de *Saccharomyces cerevisiae* 850

Comparação de Álcoois com Diferentes Polaridades Utilizados como Soluções Extratoras para Produção de Célula Solar 851

Desenvolvimento de sistema de sensores para monitoramento ambiental e climático contínuo para aplicação na cadeia da Biomassa 852

Dimensionamento de um gerador fotovoltaico autônomo para alimentar um sistema de produção de biodiesel em áreas sem acesso a rede elétrica 854

Efeitos da mistura BIOQAV/QAV no contato com materiais metálicos 860

Estimativa do impacto das mudanças climáticas na produção de mudas de *Eucalyptus* na região do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais 861

Nanopartículas de lignina para controle de processos oxidativos 867

Oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo atendendo demandas do RenovaBio 873

CAPÍTULO 9. ECONOMIA E POLÍTICA 879

A Natureza dos Produtos e Modelos de Negócio na Bioeconomia 880

Aspectos políticos sobre a recomposição da reserva legal para a exploração sustentável 882

Cinzas de madeira e licenciamento ambiental 887

Desempenho econômico de culturas energéticas: o caso da cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Goiás 892

Desempenho econômico de culturas energéticas: o caso da soja em Rio Verde – GO 894

Desempenho econômico de culturas energéticas: o milho na região de Paranapanema 896

RenovaBio e biomassa vegetal no Brasil: Biotecnologia que possibilita alta produtividade sustentável 897

CAPÍTULO 10. INSTRUMENTOS E FERRAMENTAS DE MÉTRICOS EM BIOMASSA 903

Análise da precisão de aplicativos topográficos visando a melhoria da produção de biomassa 904

Análise de instrumentos e aplicativos de medição de altura de árvores 905

Avaliação da precisão de diferentes instrumentos de medição de diâmetro de árvores 910

Características quantitativas de árvores de desbaste de cedro australiano (*Toona ciliata*) - clone BV 1151 - para bioenergia 915

Compactação do solo e sua consequência para o desenvolvimento da soja (*Glycine max L.*) 921

O pico de produção de etanol: uma abordagem baseada no modelo de Hubbert 922

Sistema de automação para digestor anaeróbio em batelada, integrado aos 3 níveis de automação: sensores atuadores, controladores e supervisão 928

Um modelo matemático simples para a fotossíntese 934

Utilização da variação espectral de luz para otimização da produção de biomassa microalgal com vista à geração de energia 939

INTRODUÇÃO

A quarta edição do Congresso Internacional de Biomassa (Cibio) aconteceu em Pinhais, PR, nas dependências do Expotrade Convention Center, entre os dias 25 e 27 de junho de 2019. Quando também aconteceu a IV Exposição Internacional de Biomassa e Energias Renováveis (ExpoBiomassa).

O Cibio promoveu 115 palestras sobre energia de biomassa, alternativas e renováveis, considerando mercado, sistemas produtivos, processos industriais, tecnologias e inovações, novas aplicações e usos, políticas, sociedade e sustentabilidade. Estas palestras foram agrupadas em diferentes câmaras técnicas e áreas de conhecimento científico envolvendo temas e palestras do Congresso brasileiro de pellets; Painel financiamento; Energia elétrica com biomassa; Geração distribuída com fontes renováveis; Avaliação do ciclo de vida da biomassa; Carvão vegetal; Sistema de produção de biomassa; Modelagem; 4º congresso brasileiro de biogás; Nanotecnologia à biomassa; Energia de hidrogênio; 4º congresso brasileiro de biomassa florestal; 4ª energia cana; Eficiência energética; Energias renováveis; Resíduos sólidos; e, Bambu.

O IV Cibio contou com a inscrição de mais de 2500 congressistas, foram apresentados 232 trabalhos científicos na forma de painel ou apresentação oral oriundos das cinco regiões geográficas brasileiras e nas áreas de Biomassa Agrícola, Florestal, Agrosilvipastoril, Biotecnologia, Coprodutos de Processos. O IV Cibio recebeu, também, a participação de representantes da Indústria, Comércio, Academia e Governo, proporcionando um grande *benchmarking* sobre biomassa, bioenergia, biotecnologia, energias renováveis, mercado de bioenergias, bioprodutos e biossistemas.

Estes Anais apresentam um prefácio com esta introdução; as "palavras do presidente científico"; os 232 trabalhos científicos, sendo 127 resumos expandidos e 105 resumos simples, ordenados em cinco capítulos: Capítulo 1 – Biomassa Agrícola, com 20 resumos expandidos e 24 resumos simples; Capítulo 2 – Biomassa Florestal, com 24 resumos expandidos e 5 resumos simples; Capítulo 3 – Biomassa Coprodutos Antrópicos Urbanos, com 2 resumos expandidos e 7 resumos simples; Capítulo 4 – Outras Fontes de Biomassa, com 2 resumos expandidos e 18 resumos simples; Capítulo 5 – Energia de Biomassa, com 48 resumos expandidos e 25 resumos simples; Capítulo 6 – Outras Aplicações de Biomassa, com 13 resumos expandidos e 6 resumos simples; Capítulo 7 – Biotecnologia e Bioengenharia de Biomassa, com 5 resumos expandidos e 7 resumos simples; Capítulo 8 – Outras tecnologias para Bioenergia, com 5 resumos expandidos e 5 resumos simples; Capítulo 9 – Economia e Política, com 3 resumos expandidos e 4 resumos simples; e, Capítulo 10 – Instrumentos e Ferramentas Métricas em Biomassa, com 7 resumos expandidos e 2 resumos simples; e, por fim os "Agradecimentos" do Presidente do Grupo FRG.

Marcelo Langer
Coordenador Geral do Comitê Científico

PREFÁCIO

O conceito biomassa vem recebendo novas interpretações e aplicações ao longo dos últimos anos com o desenvolvimento de novos sistemas de produtos, novas tecnologias e a possibilidade que o uso amplo e diversificado de suas fontes tem de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Além dos diversos conceitos de biomassa para energias alternativas e de baixo carbono, tanto de primeira como segunda geração, as finalidades de emprego do termo "biomassa" vem sendo ampliado para setores produtivos de bens móveis, alimentos, medicina, fármacos, estética, construção civil, infraestrutura, dentre outros diversos, transformando matérias-primas de baixo valor agregado, à produtos de cadeias produtivas de alto valor econômico, cadeias de valor de alto significado socioambiental e de grande contribuição para o desenvolvimento sustentável regional e nacional.

A possibilidade de uso diversificado de biomassa vegetais, lenhosas ou não, além de outros materiais oriundos de processos produtivos diversos contribui para a inclusão social, estabelecendo sistemas de economia circular verde e inclusiva, em espaços territoriais mais amplos. A compreensão dos potenciais uso dos diferentes tipos de biomassa tem gerado o surgimento de novos Arranjos Produtivos Locais, gerando empregos diretos e indiretos, contribuindo para o crescimento das receitas econômicas dos municípios, estados e país.

O reconhecimento do valor dos produtos oriundos ou derivados de outros processos, determinou a mudança conceitual de resíduos (algo descartável e sem valor comercial e de alto impacto socioambiental) para "coprodutos" (matéria-prima de alto valor comercial, social e ambiental). Esta percepção conceitual foi determinante para que o Setor de Biomassa ganhasse força e maior atenção política e dos sistemas econômicos nacionais e internacionais.

O uso dos coprodutos de processos produtivos diversos, a diversificação do uso das qualidades técnicas das diferentes biomassas, as novas tecnologias (inclusive tecnologias sociais) e a necessidade de suprimento de matérias-primas, estabelece novos sistemas produtivos de maior valor, com maior participação de pequenos produtores, geração de empregos e contribuição para a redução da pobreza e fome.

A compreensão do potencial de uso dos coprodutos de biomassa, aliada à novas tecnologias também contribui para o uso sustentável dos recursos naturais. Esta compreensão contribui para a redução de desmatamentos e degradação de áreas ambientais, pois para ter acesso a mercados exigentes de produtos de baixo carbono e com pegada sustentável, a organização das novas cadeias produtivas e cadeias de valor de produtos e coprodutos deve atender a processos regulamentados e controlados via sistemas de certificação de produtos.

Esta nova percepção sobre o conceito biomassa além de contribuir para o atingimento do sétimo objetivo do programa das Nações Unidas (Energias Renováveis) para o desenvolvimento sustentável "Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável", também tem elevado potencial para outros diversos objetivos, como para o combate a pobreza e a fome, redução das inequidades socioeconômicas e ações climáticas. Poderia citar todos os ODS, uma vez que eles são integrados e o uso de biomassa para diferentes fins e o uso de diferentes matérias-primas para diferentes produtos, sem dúvidas, pode contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Entretanto, para alcançar o potencial máximo de uma matéria-prima, na forma de biomassa, é preciso desenvolvimento de conhecimentos básicos e aplicados e pesquisas, associados a todos os pontos de produção, industrialização e consumo. Uma das formas

de se conseguir aliar conhecimento, pesquisa e desenvolvimento econômico é o estabelecimento das diferentes formas de parcerias: público-privadas, público-público etc., capazes de promover a aplicação imediata de novos conhecimentos a fim de estabelecer inovação à processos em uso e novos processos, novas tecnologias, novos produtos, novos sistemas produtivos e novos mercados. A aproximação entre Empresa e o do Governo com a Academia é fundamental para estes avanços e novas estruturas econômicas.

O Cibio e a ExpoBiomassa são eventos que promovem a integração das diversas entidades econômicas e seus atores sociais. São momentos facilitadores da promoção de saberes entre estes atores; contribuem para o desenvolvimento da ciência; permitem a formação de novos cenários, consolidam tendências presentes e futuras e incentivam a busca por novos produtos e processos para atender a demanda dos mercados presentes e futuros.

O Cibio e a Expobiomassa possuem função social, econômica e ambiental pois integra diferentes atores, gerar movimentação de recursos, gera engajamento e principalmente gera conhecimento – elemento fundamental para a consolidação de processos de Desenvolvimento Sustentável.

A possibilidade de dirigir cientificamente o Cibio foi, foi uma grande honra, pois neste IV Cibio, tivemos o desafio de buscar a diversificação para atender a nova demanda de mercado; assim, buscamos aprofundar conhecimentos necessários para o desenvolvimento das aplicações da Biomassa (como a modelagem), desenvolver conteúdos e tendências de mercado (novas tecnologias, novos produtos, processos de certificação e avaliação do ciclo de vida de produtos) e entender as demandas e expectativas do Setor de Biomassa.

Foram três dias intensos de palestras, conversas e trocas de conhecimento por meio de três espaços de eventos onde aconteceram 115 palestras e mais de 2000 participantes. E por isso, eventos como o Cibio e a Expobiomassa que permitem a integração de atores com diferentes objetivos profissionais, devem ser promovidos e incentivados continuamente.

Forte abraço a todos.

Dimas Agostinho da Silva, Prof. Dr.

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Presidente Científico do IV Cibio

Curitiba 26 de junho de 2019.

AGRADECIMENTOS DO PRESIDENTE

A Comissão Organizadora e o Comitê Científico do IV Congresso Internacional de Biomassa (IV Cibio) e da IV Feira Internacional de Biomassa (III ExpoBiomassa) em nome do Grupo FRG, agradece a todos os patrocinadores , apoiadores, palestrantes, mediadores de painéis científicos, revisores científicos, congressistas, expositores, estagiários, visitantes e equipe de suporte do Grupo FRG, que fizeram do IV Cibio e da IV ExpoBiomassa, eventos de grande sucesso e referenciais tecnológicas para o mercado e produtos agregados da cadeia de valor da Biomassa.

Nosso Muito Obrigado!

Tiago Fraga

Presidente do Grupo FRG.

Capítulo 1. Biomassa Agrícola

Aproveitamento Energético de Resíduos das Indústrias de Etanol e Biodiesel para a Produção de Metano e Hidrogênio em Sistema de Duas Etapas

Lucas M. G. Souza[1], Danilo H. da Silva[1], Bruna S. Moraes[1]

[1] *Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, SP, Brasil*

lucas.galotti.souza@gmail.com

Resumo

Indústrias de etanol e biodiesel se destacam no setor agrícola não só pela produção de biocombustíveis e energia, mas também pela geração de efluentes. Na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, vinhaça e torta de filtro são geradas, enquanto que na produção de biodiesel a partir da soja é gerada a glicerina. A digestão anaeróbia permite produzir hidrogênio (H_2) e metano (CH_4), moléculas com elevado potencial energético, o que possibilita uma aproximação econômica das indústrias de cana-de-açúcar e soja e integração dentro do conceito de biorrefinaria, em que há o aproveitamento máximo de resíduos para a diversificação da produção de forma sustentável e financeiramente vantajosa. O objetivo do projeto é valorizar a vinhaça e a torta de filtro, subprodutos da produção de etanol da cana-de-açúcar, e o glicerol, subproduto da produção do biodiesel de soja, através da co-digestão anaeróbia para produção de hidrogênio e metano em processo de duas fases, no contexto de uma biorrefinaria de cana-de-açúcar integradas à produção de biodiesel. Para isso, serão feitos ensaios em frascos de vidro para avaliar o potencial bioquímico de produção de metano e hidrogênio a partir de diferentes composições de misturas com os três resíduos. As composições foram definidas com base em experimentos anteriores e em planejamento experimental fracionado, sendo as variáveis em questão as concentrações de vinhaça, torta de filtro e glicerina e o pH. Definidas as misturas com maior potencial, o processo será realizado em reatores em duas etapas, ou seja, dois reatores sequenciais de 5L cada, sendo um responsável por proceder a fase acidogênica e outro a fase metanogênica. Os reatores operarão em regime semi-contínuo, com a adição diária de vinhaça, torta de filtro e glicerina, em proporções fixadas estabelecidas em ensaios prévios. A digestão que se procederá é caracterizada como úmida, dado que a porcentagem de sólidos não ultrapassará 10% em massa do total do volume útil. Para controle, os dois reatores em sequência serão usados apenas com o inóculo por um curto período. Resultados preliminares indicam que concentrações maiores de glicerina e menores de vinhaça e torta de filtro apresentam maior potencial de produção de biogás.

Palavras chave: Vinhaça. Glicerina. Torta de Filtro. Biogás. Co-digestão anaeróbia

Aspectos ambientais no uso de biomassa florestal na fumicultura no estado do Rio Grande do Sul

Bianca Andreis da Cunha[1], Mariani Carrion Ximendes[2], Carline Andréa Welter[3], Jorge Antonio de Farias[4]

[1] *Aluna de graduação do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS, e-mail: biancandreis@gmail.com.*

[2] *Aluna do programa de pós-gradução do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS.*

[3] *Aluna do programa de pós-gradução do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS,*

[4] *Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS.*

Resumo

Devido ao grande protagonismo das culturas agrícolas no Brasil e a necessidade de um sistema produtivo mais sustentável, o uso de energias limpas e renováveis vem sendo recorrente. No Sul do país, a fumicultura tem grande expressividade e, durante as etapas de produção do tabaco, tem-se a necessidade da secagem das folhas para posterior comercialização, o que demanda grandes quantidades de energia. Assim, um volume considerável de biomassa de origem florestal é utilizado como fonte energética, sendo que esta deve ser de fácil armazenamento, com baixo custo e ambientalmente correta. Apesar de ser uma fonte de energia renovável, se faz necessário a elaboração de estudos que identifiquem a composição das emissões de gases oriundas da combustão, buscando aprimoramentos contínuos no processo produtivo. Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa analisar os gases emitidos durante o processo de cura do tabaco Virgínia com três diferentes tipos de biomassa florestal. O trabalho foi desenvolvido mediante parceria firmada entre o Grupo de Pesquisa em Política e Economia Florestal da UFSM e JTI (Japan Tabacco International). A coleta de dados ocorreu em duas unidades de cura de tipos diferentes, instaladas em pequenas propriedades fumicultoras do Rio Grande do Sul. A primeira gera energia a partir da combustão de lenha e segunda com pellets e serragem. A mensuração dos gases foi realizada utilizando um analisador de gases de combustão modelo Chemist 500x da Seitron. Com os dados das emissões coletados e processados, foi possível desenvolver fatores de emissões para posterior avaliação comparativa. Os pellets obtiveram os melhores resultados quanto as emissões atmosféricas. Entretanto, os resultados de serragem foram insatisfatórios, indicando a necessidade de pré-secagem ou maior tempo de estocagem devido à grande umidade em que se encontrava.

Palavras-chave. Biomassa florestal, fumicultura, sustentabilidade

Introdução

A necessidade de biomassa como fonte de energia é antiga e comum, no entanto a crescente demanda por energias renováveis, associada aos riscos inerentes às mudanças climáticas globais tem estimulado o aumento do aproveitamento da biomassa acompanhado do adequado controle das emissões atmosféricas (LORA; SALOMON, 2004).

O Brasil apresenta uma extensa área florestal, um enorme potencial para geração de produtos madeireiros, da mesma maneira também um grande produtor de resíduos, geralmente descartados e acumulados no meio ambiente, causando não somente problemas de poluição, como também caracterizando um desperdício de matéria prima (SILVA, 2006).

Na região sul do Brasil, a fumicultura é uma atividade de grande expressão econômica, e que necessita anualmente de um grande volume de biomassa (lenha em forma de toretes) utilizada no processo de cura das folhas de tabaco. De acordo com AFUBRA (2013), a lenha corresponde a cerca de 8% do custo de produção do tabaco da variedade "Virgínea".

O uso da biomassa florestal está intrinsicamente ligado a qualidade ambiental, ou seja, a substituição de recursos não renováveis – como o petróleo, com recursos renováveis como a floresta. Essa substituição ocorreu desde a proibição do uso de combustíveis derivados do petróleo na cura de produtos agrícolas pelo Conselho Nacional do Petróleo, em 1980, que trouxe consigo a necessidade da substituição desta fonte de energia pela biomassa (PRECCI et al., 2008). A justificativa para ser uma fonte renovável de energia, decorre da existência do ciclo do carbono, onde este, na forma de dióxido de carbono, é incorporado da atmosfera e fixado na planta através da fotossíntese, tendo como consequência, dentro de uma utilização racional, a não alteração da qualidade do ar atmosférico (WELTER, 2017).

O processo de decomposição ou queima dos produtos provindos da biomassa, é considerado como se o saldo de emissões e captura de carbono seja igual a zero, segundo o Programa Brasileiro GHG Protocol (FGV, 2016). Entretanto, devido à grande necessidade de uso para beneficiamento, principalmente nas culturas agrícolas – analisando o protagonismo brasileiro neste setor, é necessário um estudo mais aprofundado, tanto na questão redução na emissão de metano pela decomposição de resíduos quanto no sequestro do carbono.

No ciclo da cultura do tabaco o processo de cura, é a etapa mais importante, onde ocorre a secagem das folhas para que este se torne viável para a comercialização. O uso da biomassa florestal como lenha, serragem e pellets nesse processo é frequente e necessita de estudos quanto ao seu impacto na atmosfera. Diante do exposto, o objetivo do estudo foi estimar as taxas de emissão atmosférica dos poluentes nas unidades de cura de tabaco em relação a biomassa utilizada, em duas propriedades rurais no interior do estado do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

O estudo foi realizado com a parceria da empresa JTI – Japan Tobacco Internacional, localizada em Santa Cruz do Sul, RS e conduzido em duas propriedades rurais no interior do estado do Rio Grande do Sul, a primeira localizada no município de Paraíso do Sul, conta com unidades de curas convencionais, as quais são abastecidas com lenha. A segunda propriedade está localizada no município de Candelária e apresenta unidades de cura de ar forçado,

adaptadas para a alimentação com serragem, o que possibilitou a realização de testes com *pellets* de madeira.

Os tipos de biomassa florestal utilizada foram: serragem de madeira do gênero *Eucalyptus* obtida junto às serrarias do município de Candelária- RS; *Pellets* de madeira do gênero *Pinus* e lenha de madeira de *Eucalyptus*, adquirida no município de Paraíso do Sul-RS.

Em ambas as propriedades foram quantificadas as emissões de gases de combustão. Para isso foram feitas medições das concentrações de gases, da temperatura da fumaça e da pressão diferencial, em cada fase da cura do tabaco, através do analisador de gases de combustão modelo Chemist 500x, da Seitron, que possui sensores de medição de O_2, CO, NO_x, C_xH_y, temperatura e pressão da fumaça, além de cálculo de CO_2.

O analisador de gases modelo Chemist 500x, da Seitron, funciona através de uma bomba elétrica interna que retira a amostra do gás, através de uma sonda inserida no duto da chaminé. Para tanto foram abertos orifícios nas chaminés que permitiram a entrada da sonda. Segundo informação do fabricante tem incerteza é de 5%, considerando a incerteza do equipamento e do experimento (ECIL, 2015).

Após as medições, os dados foram repassados para um computador através de software específico do equipamento, e a análise descritiva do conjunto de dados foi avaliada através do software IBM SPSS Statistics. Após foram analisados em planilha eletrônica modelo Excel para o cálculo das estimativas de emissão. Conforme Rodrigues (2011), para se obter a estimativa de taxa e fatores de emissão em massa de poluente, os dados de concentração dos gases devem ser multiplicados pela vazão de gás de exaustão.

Com os dados de pressão e temperatura coletados pelo aparelho e com o conhecimento do diâmetro das chaminés, foi possível calcular a velocidade e a vazão do gás/fumaça expelido pela chaminé, conforme equações 1 e 2. Com as informações de vazão e consumo de biomassa, foi possível realizar o cálculo do Fator de Emissão que são valores representativos que estimam a quantidade de um determinado poluente que foi liberado associado a atividade de combustão.

O fator de emissão (FE_X) para uma espécie química em g/kg (gramas da espécie X por kg de biomassa seca queimada) foi calculada de acordo com a equação 3, conforme proposto por França et al. (2012) e Amorim (2012).

$$v = \sqrt{\frac{2\,(\Delta P)}{\rho}} \tag{1}$$

$$Q = v\ x\ A \tag{2}$$

$$FEx = \frac{V_{total-chaminé}}{m_{combustível\ em\ base\ seca}} \frac{[\,]_X\, M_X}{V_X} \quad \left[\frac{g_X}{kg_{combustível\ em\ base\ seca}}\right] \tag{3}$$

Em que, v = velocidade (m/s); ΔP = variação da pressão na chaminé (Pa); ρ = massa específica do poluente (kg/m³); Q = vazão (m³/s); A = área da seção transversal da chaminé

(m²); Vtotal - chaminé = volume total de gases que flui pela chaminé (m^3); []X = concentração média de X (ppmv); MX = massa molar (g/mol); m(combustível em base seca) = massa do combustível em base seca (kg); Vx = volume molar de 1 mol a 0 °C e 1 atm (L/mol) (=0.0224 m^3).

Resultados e discussão

Os resultados em relação a análise descritiva estatística são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 Análise estatística descritiva realizado no programa SPSS em relação a composição dos gases emitidos durante o processo de cura do tabaco.

Tipo de biomassa florestal	Número de amostragens	Descrição das emissões	Média	Desvio Padrão	Intervalo de confiança de 95% para média	
					Limite inferior	Limite superior
Serragem	2682	CO_2	3,99	1,89	3,92	4,06
		CO	2.833,11	1319,68	2783,15	2883,08
		C_xH_y	0,15	0,11	0,14	0,15
		NO_x	53,07	28,99	51,98	54,17
Pellets	604	CO_2	5,05	2,34	4,86	5,24
		CO	2.992,13	1196,27	2896,53	3087,72
		C_xH_y	0,14	0,07	0,14	0,15
		NO_x	66,85	32,99	64,22	69,49
Lenha	2597	CO_2	2,70	1,52	2,64	2,76
		CO	1.258,19	935,62	1222,19	1294,20
		C_xH_y	0,07	0,08	0,07	0,08
		NO_x	37,43	24,67	36,48	38,38

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os fatores de emissão estimados no estudo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 Fatores de emissões, consumo de biomassa por quantidade de tabaco produzida.

Biomassa	Fatores de Emissão (g de poluente/kg de biomassa consumida)				Consumo de biomassa (kg/kg de tabaco)	Emissão (g de poluente/kg de tabaco curado)			
	CO_2	CO	C_xH_y	NO_x		CO_2	CO	C_xH_y	NO_x
Lenha	829,3	24,6	8,2	1,2	2,7	2.247,5	66,7	22,1	3,3
Serragem	678,6	30,7	9,2	0,9	2,5	1.689,7	76,3	22,9	2,3
Pellets	542,3	20,5	5,6	0,8	2,0	1.073,7	40,5	11,1	1,5
Média geral	**683,4**	**25,2**	**7,6**	**1,0**	**2,4**	**1.670,3**	**61,2**	**18,7**	**2,4**

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observou-se uma tendência semelhante nas emissões de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos totais (C_xH_y) ao longo da cura. Ambos gases são indicadores de combustão incompleta, que além disso, está relacionado às temperaturas exigidas em cada fase da cura.

Os maiores FE desses gases ocorreram pela combustão de serragem e de lenha, podendo ser explicada devido aos mais altos teores de umidade, tornando a combustão menos eficiente, sendo um fator relevante quando se almeja uma combustão completa.

A emissão de compostos como CO_2, tem resultado quando a combustão é realizada de maneira integral, ou seja, completa, os produtos dessa reação são o vapor d'água e CO_2 juntamente com calor e cinzas. Quando a combustão é incompleta ocorre à formação de CO, hidrocarbonetos e outros gases (AMORIM, 2012).

Embora não sejam incluídas na contabilização das emissões totais de gases de efeito estufa com base no potencial de aquecimento global, as emissões de CO e de NO_x são relatadas nos inventários de gases de efeito estufa, uma vez que na presença de luz solar contribuem para a formação de ozônio (O_3) da troposfera (RODRIGUES, 2011). Já a formação dos NO_x depende da temperatura de queima, da vazão entre ar e combustível e da umidade (LUCON, 2003).

Considerando-se as estimativas dos fatores de emissão, os pellets foram os mais eficientes quanto as emissões, além do menor consumo para a cura, indicando ser técnica e ambientalmente melhores que as demais biomassas testadas. Os FE de CO_2 dos pellets foram menores em 35% em comparação a lenha, e em 20% comparado a serragem. Estas apresentaram as maiores emissões de poluentes e a maior perda de energia na forma de calor pela chaminé, possivelmente devido ao seu alto teor de umidade e pela forma de abastecimento da fornalha, mais frequente e intensa que quando comparado aos pellets.

Amorim (2012) em seus estudos na Amazônia estimou um Fator de Emissão de CO_2 na média de 1616 g/kg de biomassa queimada; e França et al. (2012), obteve os valores de 1303 g de CO_2/kg de biomassa, 65 g de CO, 1,5 g de NOx e 16 g de CxHy.

Além disso, a unidade de cura não convencional com ar forçado permitiu um controle mais apurado da temperatura, além de potencializar a distribuição do calor dentro da estufa com o uso de ventiladores e sistema de ar forçado, resultando em um processo de cura mais uniforme. A inovação é que este modelo reduz em 50% a necessidade de mão-de-obra e elimina algumas operações do processo (CARVALHO JUNIOR; BINOTTO; PEREIRA, 2005).

Conclusões

O consumo de biomassa de origem florestal é favorável ao meio ambiente, pois é neutro em carbono, ou seja, todo CO_2 emitido na sua queima é recuperado no crescimento das plantas, e tem baixas emissões de gases do efeito estufa.

Os pellets, devido sua eficiência e baixo teor de umidades, é a biomassa e menor emissão de gases, estando de acordo com as resoluções ambientais e ainda proporciona a criação de novos mercados para a atividade florestal para o uso em processos que necessitem produção de energia, agregando valor econômico e dando destino a resíduos do processo produtivo do setor florestal.

Destaca-se o fato de que os resultados para a serragem e *pellets* poderiam ser ainda melhores, visto que as câmaras de combustão não foram dimensionadas para esse tipo de material, mas sim para a lenha. Queimadores específicos para *pellets* ou o uso de leito fluidizado para a

serragem, são possíveis adaptações tecnológicas que poderiam trazer grandes resultados para o setor, resultando em sustentabilidade na produção do tabaco.

Referências Bibliográficas

AMORIM, E. B., **Gases de efeito unidade de cura produzidos pela combustão de biomassa**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012. 114 p.

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL - (AFUBRA). Rastreabilidade do Componente Florestal na Cultura do Tabaco. **Relatório de Pesquisa**. Santa Cruz do Sul, RS: Afubra, 2013. 30p.

CARVALHO JUNIOR, L.C de; BINOTTO; P.A.; PEREIRA, J.G. de S. **Cadeia Produtiva de Fumo**. 2005. 42 p.

ECIL. **Manual de Instrução Chemist 500**. 2015.

FRANÇA, D.A.; LONGO, K.M; SOARES NETO, T.G.; SANTOS, J.C.; FREITAS, S.R. RUDORFF, B.F.T. et al. Pre-Harvest Sugarcane Burning: Determination of Emission Factors through Laboratory Measurements. **Atmosphere** 2012, 3, 164-180; doi:10.3390/atmos3010164

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – (FGV), Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Programa Brasileiro GHG Protocol**: Ferramenta de Cálculo. 2016. Disponível em: http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo Acesso em: 15 abr. 2019

LORA, E. E. S.; SALOMON, K. R. Análise comparativa da utilização da biomassa com tecnologias convencionais de geração aplicando a eficiência ecológica. Procedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural, 2004.

LUCON, O. dos S. **Modelo Horus inventário de emissões de poluentes atmosféricos pela queima de combustíveis em indústrias no estado de São Paulo**. 2003. Tese (Pós-Graduação em Energia) – USP, São Paulo, SP, 2003.

PRECCI, R. L.; SOBRINHO, J.C.; SILVA, J. de S. e; et al. Fontes de Energia para Secagem. In: LACERDA FILHO, A. F. de; et al. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. Cap. 4. p. 11-132.

RODRIGUES, J. M. **Análise das emissões de CO2, CO, NOx**: Estudo de caso em usinas termoelétricas a gás natural e carvão mineral. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado profissional PRODETEC). Curitiba, PR, 2011.

SILVA, E. M. P. **Implementação de um sistema unificado para gerenciamento de rejeitos.** 2006. 292 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Unicamp, Campinas, SP, 2006.

SOARES, J.M. **Avaliação da qualidade de três diferentes tipos de cavacos de madeira do híbrido *Eucalyptus urophila* x *grandis***. 2016. 47p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) – UFPR, Curitiba, PR, 2016.

WELTER, C. A. **Uso da biomassa Florestal como estratégia de redução dos gases de efeito estufa: estudo de caso na fumicultura do sul do Brasil. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal). 2017. 68 p. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2017.

Avaliação da Produtividade em Respostas a Aclimatação de Variedades de Cana-de-Açúcar na Região Noroeste do Rio Grande Do Sul

Jonas Felipe LEITE[1], Danni Maisa da SILVA[2], Fernando SANTOS[2], Robson Evaldo Gehlen BOHRER[2], Divanilde GUERRA[3].

[1]Bolsista de Iniciação Científica da UERG e Discente do Curso de Bacharelado em Agronomia. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Três Passos, Rua Cipriano Barata, 211 - Bairro Érico Veríssimo. CEP: 98600-000 e-mail: jonasfelipeleite@gmail.com; [2]Professor da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS. [3]Professora Orientadora. Unidade de Três Passos. UERGS.

Resumo

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo que o Rio Grande do Sul tem pequena participação na produção, a qual ocorre de maneira tradicional em pequenas propriedades através do fornecimento de biomassa para os animais e processados de açúcar. Contudo o estado apresenta grande potencial para ampliação das áreas de cultivo, afim de produzir açúcar, combustível, entre outros. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar conduzidas em respostas a quatro sistemas de adubação. O experimento foi implantado em setembro de 2016 com quatro variedades e quatro sistemas de adubação. As variedades foram avaliadas na safra de 2017 quanto a produtividade de biomassa de colmo, de ponteira e total. O resultado da produtividade de biomassa de colmo variou de 104,9 ton. ha^{-1} a 163,7 ton. ha^{-1}; a produtividade de biomassa de ponteira variou de 44,5 a 78,1 ton. ha^{-1}; e a produtividade total variou de 156,7 a 248,4 ton. ha^{-1}. As variedades apresentaram elevada produção de biomassa de colmo, ponteira e total. Com relação aos sistemas de adubação, as respostas foram satisfatórias para a maioria das variedades, sendo que algumas responderam de forma menos efetiva a adubação com DLS e química. Portanto a produtividade foi elevada em resposta aos sistemas de adubação.

Palavras-chave. Biomassa, Adubação alternativa, *Saccharum officinarum ssp.*

Introdução

A cana-de-açúcar *(Saccharum officinarum)* se destaca a nível mundial por ser uma das principais comodites agrícolas, além de apresentar grande capacidade de gerar renda, tanto em pequenas, quanto em grandes propriedades. Desta forma, no Brasil, a cana foi uma das primeiras culturas introduzidas e se adaptou muito bem as condições locais, sendo que atualmente o país é o maior produtor mundial, com aproximadamente 9,9 milhões de hectares plantados e com produtividade média de 72,6 ton. ha^{-1}, bem como, o país ocupa o primeiro

lugar no mundo na produção de açúcar e etanol, os dois principais produtos oriundos da atividade, os quais são destaque nas exportações do agronegócio brasileiro (CONAB, 2018).

Segundo Santos et al., (2013) tem se ampliado a preocupação com o meio ambiente, e com isso, tem se ampliado campanhas para que o consumo de combustíveis fósseis seja reduzido e/ou substituído por biocombustíveis, a fim de diminuir a liberação de gazes do efeito estufa, aumentando assim a demanda por produtos alternativos, como o etanol. Neste sentido a cana-de-açúcar passa a ter um papel primordial no estado, podendo vir a ser uma das matérias primas essenciais para a produção de combustíveis alternativos. Visto que atualmente no estado do Rio Grande do Sul a cultura participa de forma inexpressiva nos grandes sistemas de produção, porém apresenta grande importância em pequenas propriedades agrícolas, relacionadas à criação de gado e ao processamento artesanal de subprodutos. Porém com alto potencial para atingir números mais expressivos em termos de área plantada e produtividade, tanto para álcool, quanto para açúcar e seus derivados devido as várias regiões aptas para o cultivo (SILVA et al., 2007).

Porém, para que isto realmente ocorra, as variedades devem ser adaptadas as condições ambientais de cada região, sendo que a tolerância ao frio é um aspecto importante na escolha das cultivares a serem implantadas. Ainda a região deve estar inserida no zoneamento agroclimático, pois conforme informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018) na última década, várias regiões do Rio Grande do Sul passaram a ser consideradas zonas de baixo risco, incluindo a Região Noroeste, permitindo assim a ampliação das áreas de cultivo, bem como o financiamento da cultura.

De acordo com Silva et al., (2018), a utilização de adubações orgânicas como os dejetos, são uma excelente alternativa para a fertilização do solo nas áreas de cultivo da cana-de-açúcar, pois estas permitem melhorar a taxa de distribuição de nitrogênio, proporcionando aos agricultores que disponibilizam destes adubos uma melhor relação de *input* x *output.* Apesar dos relatos de resultados significativos com adubação orgânica na cultura, mais estudos devem ser conduzidos. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar conduzidas na Região Celeiro do Estado do Rio Grande do Sul em resposta a quatro sistemas de adubação.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na área experimental da UERGS - Unidade Três Passos na Escola Técnica Estadual Celeiro - ETEC, localizada no município de Bom Progresso, Rio Grande do Sul. O município apresenta uma média anual pluviométrica de 1822 mm de chuvas distribuídas uniformemente durante os doze meses do ano. Conforme informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INPE, 2014) a temperatura média anual é de 19,4 °C.

Em 2016, quatro genótipos (RB 855156, RB 975932, RB 925268 e RB 975042) denominados Variedade 1, 2, 3 e 4 respectivamente, foram selecionados dentre 30 genótipos de cana por se destacarem em termos de produção na região para a implantação do experimento. Previamente a implantação realizou-se a amostragem e análise do solo e com base nos resultados obtidos procedeu-se a adubação de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016).

O experimento foi implantado no dia 30 de setembro de 2016 através de plantio de internódios, utilizando delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial 4x4, ou seja, quatro genótipos, quatro sistemas de adubação sendo: Dejetos Líquidos de Suínos (DLS), Dejetos Líquido de Bovinos (DLB), Com Adubação e Sem Adubação, com quatro repetições.

No período de maturação, (identificado através da análise do grau brix) as variedades foram colhidas e avaliadas quanto à biomassa de ponteiras, biomassa de colmos e biomassa total, através da análise de quatro canas por repetição de cada tratamento, sendo utilizado para tanto uma balança analítica.

Os dados obtidos foram comparados através do programa estatístico SISVAR 5.6 e submetidos ao teste de variância a 5% de probabilidade utilizando-se o teste de Tukey para o fator variedades e Dunnett a 5% de probabilidade para o fator adubação (FERREIRA, 2014).

Resultados e discussão

Os resultados obtidos através da determinação da biomassa de colmo podem ser observados na Tabela 1, os quais variaram de 104,9 ton. ha^{-1} a 163,7 ton. ha^{-1}.

Tabela 1. Biomassa de colmo em ton. ha^{-1} das quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Colmo	Fator Adubação (ton. ha^{-1})			
Variedades	Sem Adubação	Adubação Química	DLS	DLB
1	136,4 aA	141,9 aA	160,8 aA	132,8 aA
2	129,8 aA	117,4 bA	144,3 aA	142,9 aA
3	144,2 aA	134,6 aA	104,9 aA	148,1 aA
4	136,0 aA	152,2 aA	153,7 aA	163,7 aA

Letras maiúsculas diferentes entre as linhas (Dunnett 5% de probabilidade), e letras minúsculas diferentes entre coluna indicam diferenças estatísticas significativas (Tukey a 5% de probabilidade).

Não foram observadas diferenças nas variedades em relação a biomassa de colmo quando conduzidas com diferentes sistemas de adubação (Tabela 1). Contudo, ao avaliar as variedades e comparar suas respostas em cada sistema de adubação, se observou que as variedades 1, 3 e 4 foram mais responsivas, diferindo estatisticamente da variedade dois, a qual apresentou menor biomassa de colmo em resposta a adubação química. Os menores valores de produtividade observados com a variedade dois utilizando-se a adubação química

podem estar relacionados a diversos fatores, tais como a inibição da ação de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas como o *Azospirillum brasilense.* Contudo sem permitir inferir de forma efetiva o fator ou fatores envolvidos.

As médias obtidas neste estudo (Tabela 1) foram superiores as obtidas por MORAIS et al., (2017), que observaram produtividade de 86,9 ton. ha-¹. Ainda, as médias deste trabalho foram superiores à média nacional que é de 72,6 ton. ha^{-1} (CONAB, 2018). Portanto, este resultado indica as variedades avaliadas se adaptam a condição local.

Os resultados obtidos com a avaliação da biomassa de ponteiras podem ser observados na Tabela 2, os quais variaram de 44,5 ton. ha^{-1} a 78,1 ton. ha^{-1}.

Tabela 2. Biomassa de ponteiras em ton. ha^{-1} das quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Ponteiras	Fator Adubação (ton. ha^{-1})			
Variedades	Sem Adubação	Adubação Química	DLS	DLB
1	55,4 aA	55,8 aA	78,1 aA	59,8 aA
2	44,5 aA	45,7 aA	52,8 bA	49,7 aA
3	61,7 aA	57,2 aA	51,7 bA	54,6 aA
4	53,3 aA	63,7 aA	60 abA	62,7 aA

Letras maiúsculas diferentes entre as linhas (Dunnett 5% de probabilidade), e letras minúsculas diferentes entre coluna indicam diferenças estatísticas significativas (Tukey a 5% de probabilidade).

Não foram observadas diferenças nas variedades em relação a biomassa de ponteiras quando conduzidas com diferentes sistemas de adubação (Tabela 2). Contudo, ao avaliar as variedades e comparar suas respostas em cada sistema de adubação, se observou que as variedades 1 e 4 foram mais responsivas do que as variedades 2 e 3 quando manejadas com DLS. Estes resultados devem estar associados a constituição genética da planta, onde algumas podem apresentar maior capacidade de absorção de nutrientes e detrimento a outras.

Os resultados obtidos neste estudo com relação a produção de biomassa de ponteiras foram significativos (Tabela 2) e permitem inferir que a região apresenta um grande potencial para a produção de cana e etanol.

Segundo Santos et al., (2012), a produção de biomassa de ponteira pode contribuir para a alimentação dos animais, bem como para a produção de etanol, devido à alta quantidade de celulose, hemicelulose e lignina presente, sendo superiores a várias outras culturas que já são

utilizadas para esta finalidade. Desta forma, as ponteiras também apresentam alta capacidade de servir de alimento para os bovinos em épocas de vazio forrageiro, tornando-se assim uma ótima alternativa para os agricultores da região (PEREIRA et al., 2018).

Os dados de biomassa total podem ser visualizados na Tabela 3, os quais variaram de 248,4 ton. ha^{-1} a 156,7 ton. ha^{-1}.

Tabela 3. Biomassa total em ton. ha^{-1} das quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Total	Fator Adubação em (ton. ha^{-1})			
Variedades	Sem Adubação	Adubação Química	DLS	DLB
1	191,8 aA	197,7 aA	248,4 aA	192,7 aA
2	174,3 aA	163,1 bA	197,1 bcA	192,6 aA
3	205,9 aA	191,8 aA	156,7 cA	202,7 aA
4	189,4 aA	216,0 aA	213,8 bA	226,4 aA

Letras maiúsculas diferentes entre as linhas (Dunnett 5% de probabilidade), e letras minúsculas diferentes entre coluna indicam diferenças estatísticas significativas (Tukey a 5% de probabilidade).

Não foram observadas diferenças nas variedades em relação a biomassa total quando conduzidas com diferentes sistemas de adubação (Tabela 3). Contudo, ao avaliar as variedades e comparar suas respostas em cada sistema de adubação, se observou que as variedades 1, 3 e 4 apresentaram os melhores resultados com adubação química quando comparados a variedade 2. Ainda, a variedade 1 apresentou os melhores resultados com a adubação com DLS quando comparada às variedades 2, 3 e 4 (Tabela 3). Portanto, as diferenças observadas podem estar associadas ao fator genético de cada variedade. Ainda, segundo de Silva et al., (2018), os o desempenho inferir do DLS em algumas variedades pode estar relacionado a quantidade de nutrientes presentes e a diversidade de nutrientes na composição destes.

Os resultados obtidos neste estudo foram significativos, e superiores aos valores obtidos por

Marafon et al., (2017), com produtividade de 137,2 ton. há$^{-1}$. Estas diferenças podem estar associadas a fatores genéticos de cada variedade, ao manejo adotado nos sistemas de produção, as condições edafoclimáticas distintas entre as regiões onde os estudos foram conduzidos, bem como a aclimatação das variedades com as condições da região.

Conclusões

As variedades apresentam elevada produção de biomassa de colmo, ponteira e total.

Os sistemas de adubação foram satisfatórios para a maioria das variedades, sendo que algumas responderam de forma menos efetiva a adubação com DLS e química.

Mais estudos devem ser realizados para obtenção de resultados mais confiantes.

Agradecimentos

A UERGS pela concessão de bolsas, ao grupo de pesquisa e colaboradores.

Referências Bibliográficas

CONAB- **Companhia Nacional de Abastecimento.** Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. v. 5, n. 1 - Safra 2018/19 - Primeiro levantamento, Brasília, p.1-62, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c79b2e+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 11 de jun de 2018.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. agrotec. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 .Disponivel em: ISSN 1413-7054. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agroclimático. 2018. Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/sucroenergetico/212979-mapa-publica-zoneamento-para-cana-de-acucar-de-sequeiro.html#.WwsV9u4vzIU. Acesso em: 5 de maio de 2018.

MARAFON, Anderson Carlos et al. Produção de Biomassa em Gramíneas Tropicais com Potencial Energético. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Anderson_Marafon/publication/324165423_Producao_de_biomassa_em_gramineas_tropicais_com_potencial_energetico/links/5ac2b517a6fdcccda65f82ad/Producao-de-biomassa-em-gramineas-tropicais-com-potencial-energetico.pdf. Acesso em: 3 de maio de 2018.

MORAIS, K.P. et al. Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. Ceres, v.64, n. 3, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Jonas%20Leite/Downloads/1741-11877-1-PB%20(2).pdf. Acesso em: 17 de jun de 2018.

PEREIRA, D.S. et al. Produção de forragens de cana-de-açúcar e feijão-guandu cultivados em monocultivo e consórcio. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.7, n.4, 2018. Disponível em: https://www.rbas.ufv.br/index.php/rbas/article/view/421/pdf. Acesso em: 25 de maio de 2018.

SANTOS, Fernando A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Química Nova, v.35, n.5, p.1004-1010, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Queiroz/publication/266506594_Potencial_da_palha_de_cana-de-acucar_para_producao_de_etanol/links/545223730cf24884d8874c5b/Potencial-da-palha-de-cana-de-acucar-para-producao-de-etanol.pdf. Acesso em: 19 de jun de 2018.

SILVA, Ricardo A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, n.2, 2007. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1672/1644. Acesso em: 20 de maio de 2018.

SILVA, Taise Borges Facundes et al. POTENCIAL FORRAGEIRO E PERDAS DE N NA CULTURA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL. 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de calagem e de adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016.

Avaliação da produtividade de Variedades de Cana-de-Açúcar em respostas a sistemas de adubação na Região Noroeste do Rio Grande do Sul

Jonas Felipe LEITE[1], Danni Maisa da SILVA[2], Fernando SANTOS[2], Robson Evaldo Gehlen BOHRER[2], Divanilde GUERRA[2].

[1]Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Três Passos, Rio Grande do Sul, Brasil e-mail: jonasfelipeleite@gmail.com*; [2]Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS. Três Passos, Rio Grande do Sul, Brasil.*

Resumo

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tendo o Rio Grande do Sul, pequena participação na produção nacional, de modo tradicional em pequenas propriedades para alimentação animal. Contudo, o estado apresenta grande potencial para ampliação das áreas de cultivo, afim de produzir açúcar, combustível, entre outros. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar conduzidas em respostas a quatro sistemas de adubação. O experimento foi implantado em setembro de 2016 com quatro variedades e quatro sistemas de adubação. As variedades foram avaliadas na safra de 2017 quanto às produtividades de biomassa de colmo, de ponteira e total. A produtividade total de biomassa variou 58,5 %, de 156,7 a 248,4 ton. ha-1. Não foram observadas diferenças entre variedades para a produtividade de colmos e, para ponteiras, apenas na adubação com dejetos líquidos de suínos houve diferenças significativas, com destaque para a variedade RB 855156. As variedades não responderam as adubações realizadas. A adubação realizada não tem efeito na produtividade de variedades cana-de-açúcar.

Palavras-chave. Biomassa, Adubação alternativa, *Saccharum officinarum ssp.*

Introdução

A cana-de-açúcar *(Saccharum officinarum)* se destaca a nível mundial por ser uma das principais *commodities* agrícolas, além de apresentar potencial de geração renda, tanto em pequenas, quanto em grandes propriedades. Desta forma, no Brasil, a *Saccharum officinarum* foi uma das primeiras culturas introduzidas, com boa adaptação às condições locais, favorecendo o posicionamento do Brasil no *ranking* de produtividade, como o maior produtor mundial, com aproximadamente 9,9 milhões de hectares plantados e com produtividade média de 72,6 ton. ha^{-1}, além do beneficiamento da matéria prima, na produção de açúcar e etanol, cujos produtos são destaque nas exportações do agronegócio brasileiro (CONAB, 2018).

Segundo Santos et al., (2013) tem aumentado a preocupação com o meio ambiente, e com isso, ampliado campanhas de consumo de biocombustíveis, como o etanol, a fim de diminuir

a liberação de gases do efeito estufa provenientes da utilização de combustíveis fósseis. Neste sentido, a cana-de-açúcar pode ter um papel primordial no estado, como combustível alternativo, visto que a cultura já é utilizada em pequenas propriedades agrícolas na alimentação animal e processamento artesanal de subprodutos. Porém, o estado do Rio Grande do Sul participa de forma inexpressiva nos grandes sistemas de produção da cultura, apesar do alto potencial em atingir números mais expressivos em área plantada e produtividade, tanto para álcool, quanto para açúcar e seus derivados, devido às várias regiões aptas para o cultivo, conforme zoneamento agroclimático de 2018 (SILVA et al., 2007; MAPA, 2018).

A utilização de variedades adaptadas às condições ambientais de cada região, como tolerância ao frio, é um aspecto importante na escolha das cultivares a serem implantadas. Além disso, a utilização de adubações orgânicas como os dejetos, são uma excelente alternativa para a fertilização do solo nas áreas de cultivo da cana-de-açúcar, pois estas permitem melhorar a taxa de distribuição de nitrogênio, proporcionando aos agricultores que disponibilizam destes adubos uma melhor relação de *input* x *output (*Silva et al., 2018). Apesar dos relatos de resultados significativos com adubação orgânica na cultura, mais estudos devem ser conduzidos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar conduzidas na Região Celeiro do Estado do Rio Grande do Sul em resposta a quatro sistemas de adubação.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na área experimental da UERGS - Unidade Três Passos na Escola Técnica Estadual Celeiro - ETEC, localizada no município de Bom Progresso, Rio Grande do Sul. O município apresenta uma média anual pluviométrica de 1822 mm, com chuvas distribuídas uniformemente durante os doze meses do ano. Conforme informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INPE, 2014) a temperatura média anual é de 19,4 °C.

Em 2016, quatro genótipos (RB 855156, RB 975932, RB 925268 e RB 975042) denominados Variedade 1, 2, 3 e 4 respectivamente, foram selecionados dentre 30 genótipos de cana-de-açúcar, pelo destaque em produção regional, para a implantação do experimento. Previamente a implantação, realizou-se a amostragem e análise do solo e, com base nos resultados obtidos procedeu-se a adubação de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016).

O experimento foi implantado no dia 30 de setembro de 2016 através de plantio de internódios, utilizando delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial 4x4, ou seja, quatro genótipos, quatro sistemas de adubação sendo: Dejetos Líquidos de Suínos (DLS), Dejetos Líquido de Bovinos (DLB), Com Adubação Química e Sem Adubação, com quatro repetições.

Apesar do tratamento com adubação química ser recomendada para a cana-de-açúcar, pelo Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016), não existe estudos com este sistema na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. A reposição das adubações foi realizada 15 dias após a colheita no mês de julho de 2017.

No período de maturação, (identificado através da análise do grau brix) as variedades foram colhidas e avaliadas quanto às biomassas de colmos, de ponteiras e total, através da análise estimativa de quatro canas por repetição de cada tratamento, sendo utilizado para tanto uma balança analítica.

Os dados obtidos na safra de 2018 foram comparados através do programa estatístico SISVAR 5.6 e submetidos ao teste de variância a 5% de probabilidade utilizando-se o teste de Tukey para o fator variedades e Dunnett a 5% de probabilidade para o fator adubação (FERREIRA, 2014).

Resultados e discussão

Os resultados obtidos através da determinação da biomassa de colmo podem ser observados na Tabela 1, os quais variaram de 104,9 ton. ha^{-1} a 163,7 ton. ha^{-1}.

Tabela 1. Biomassa de colmo em ton. ha^{-1} das quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Colmo	Fator Adubação (ton. ha^{-1})			
Variedades	Sem Adubação	Adubação Química	DLS	DLB
1	136,4 aA	141,9 aA	160,8 aA	132,8 aA
2	129,8 aA	117,4 bA	144,3 aA	142,9 aA
3	144,2 aA	134,6 aA	104,9 aA	148,1 aA
4	136,0 aA	152,2 aA	153,7 aA	163,7 aA

Dejetos Líquidos de Suínos (DLS), Dejetos Líquido de Bovinos (DLB). Letras maiúsculas diferentes entre as linhas (Dunnett 5% de probabilidade), e letras minúsculas diferentes entre coluna indicam diferenças estatísticas significativas (Tukey a 5% de probabilidade).

Não foram observadas diferenças nas variedades em relação à biomassa de colmo quando conduzidas com diferentes sistemas de adubação (Tabela 1). Contudo, ao avaliar as variedades e comparar suas respostas em cada sistema de adubação, observou-se que as variedades 1, 3 e 4 foram mais responsivas, diferindo estatisticamente da variedade 2, a qual apresentou menor biomassa de colmo em resposta a adubação química. Os menores valores de produtividade observados com a variedade 2, utilizando a adubação química podem estar relacionados a diversos fatores, tais como a inibição da ação de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas como o *Azospirillum brasilense sp.,* contudo sem permitir inferir de forma efetiva o fator ou fatores envolvidos.

As médias obtidas neste estudo (Tabela 1) foram superiores as obtidas por Morais et al., (2017), que observaram produtividade de 86,9 ton. ha-¹. Ainda, as médias deste trabalho

foram superiores à média nacional que é de 72,6 ton. ha^{-1} (CONAB, 2018). Portanto, este resultado indica as variedades avaliadas se adaptam a condição local.

Os resultados obtidos com a avaliação da biomassa de ponteiras podem ser observados na Tabela 2, os quais variaram de 44,5 ton. ha^{-1} a 78,1 ton. ha^{-1}.

Tabela 2. Biomassa de ponteiras em ton. ha^{-1} das quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Ponteiras	Fator Adubação (ton. ha^{-1})			
Variedades	Sem Adubação	Adubação Química	DLS	DLB
1	55,4 aA	55,8 aA	78,1 aA	59,8 aA
2	44,5 aA	45,7 aA	52,8 bA	49,7 aA
3	61,7 aA	57,2 aA	51,7 bA	54,6 aA
4	53,3 aA	63,7 aA	60 abA	62,7 aA

Dejetos Líquidos de Suínos (DLS), Dejetos Líquido de Bovinos (DLB). Letras maiúsculas diferentes entre as linhas (Dunnett 5% de probabilidade), e letras minúsculas diferentes entre coluna indicam diferenças estatísticas significativas (Tukey a 5% de probabilidade).

Não foram observadas diferenças nas variedades em relação a biomassa de ponteiras quando conduzidas com diferentes sistemas de adubação (Tabela 2). Contudo, ao avaliar as variedades e comparar suas respostas em cada sistema de adubação, se observou que as variedades 1 e 4 foram mais responsivas do que as variedades 2 e 3 quando manejadas com DLS. Estes resultados devem estar associados segundo Oliveira et al., (2010), a constituição genética da planta, onde algumas podem apresentar maior capacidade de absorção de macronutrientes como o nitrogênio, fosforo e potássio em detrimento a outras.

Segundo Santos et al., (2012), a produção de biomassa de ponteira pode contribuir para a alimentação dos animais, bem como para a produção de etanol, devido à alta quantidade de celulose, hemicelulose e lignina presente, sendo superiores a várias outras culturas como o milho, trigo que podem ser utilizadas para esta finalidade. Desta forma, as ponteiras também apresentam alta capacidade de servir de alimento para os bovinos em épocas de vazio forrageiro, tornando-se assim uma ótima alternativa para os agricultores da região (PEREIRA et al., 2018).

Os dados de biomassa total podem ser visualizados na Tabela 3, os quais variaram de 248,4 ton. ha^{-1} a 156,7 ton. ha^{-1}.

Tabela 3. Biomassa total em ton. ha^{-1} das quatro variedades de cana-de-açúcar avaliadas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Total	Fator Adubação em (ton. ha^{-1})			
Variedades	Sem Adubação	Adubação Química	DLS	DLB
1	191,8 aA	197,7 aA	248,4 aA	192,7 aA
2	174,3 aA	163,1 bA	197,1 bcA	192,6 aA
3	205,9 aA	191,8 aA	156,7 cA	202,7 aA
4	189,4 aA	216,0 aA	213,8 bA	226,4 aA

Dejetos Líquidos de Suínos (DLS), Dejetos Líquido de Bovinos (DLB). Letras maiúsculas diferentes entre as linhas (Dunnett 5% de probabilidade), e letras minúsculas diferentes entre coluna indicam diferenças estatísticas significativas (Tukey a 5% de probabilidade).

Não foram observadas diferenças nas variedades em relação a biomassa total quando conduzidas com diferentes sistemas de adubação (Tabela 3). Contudo, ao avaliar as variedades e comparar suas respostas em cada sistema de adubação, se observou que as variedades 1, 3 e 4 apresentaram os melhores resultados com adubação química quando comparados a variedade 2. Ainda, a variedade 1 apresentou os melhores resultados com a adubação com DLS quando comparada às variedades 2, 3 e 4 (Tabela 3). Portanto, as diferenças observadas podem estar associadas ao fator genético de cada variedade. Ainda, segundo de Silva et al., (2018), o desempenho inferir da adubação DLS em algumas variedades pode estar relacionado a quantidade de nutrientes presentes e a diversidade de nutrientes na composição.

Os resultados obtidos neste estudo foram significativos, e superiores aos valores obtidos por Marafon et al., (2017), com produtividade de 137,2 ton. ha^{-1}. Estas diferenças podem estar associadas aos fatores genéticos de cada variedade, ao manejo adotado nos sistemas de produção, às condições edafoclimáticas distintas entre as regiões onde os estudos foram conduzidos, bem como a aclimatação das variedades com as condições da região.

Conclusões

As variedades de cana-de-açúcar apresentam elevada produção de biomassa de colmo, ponteira e total no Noroeste do Rio Grande do Sul.

A adubação realizada não tem efeito na produtividade de variedades cana-de-açúcar.

Agradecimentos

A UERGS pela concessão de bolsas, ao grupo de pesquisa e colaboradores.

Referências Bibliográficas

CONAB- **Companhia Nacional de Abastecimento.** Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. v. 5, n. 1 - Safra 2018/19 - Primeiro levantamento, Brasília, p.1-62, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-

acucar/item/download/17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c79b2e+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 11 de jun de 2018.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciênc. agrotec. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 .Disponível em: ISSN 1413-7054. http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001.

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agroclimático. 2018. Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/sucroenergetico/212979-mapa-publica-zoneamento-para-cana-de-acucar-de-sequeiro.html#.WwsV9u4vzIU. Acesso em: 5 de maio de 2018.

MARAFON, Anderson Carlos et al. Produção de Biomassa em Gramíneas Tropicais com Potencial Energético. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Anderson_Marafon/publication/324165423_Producao_de_biomassa_em_gramineas_tropicais_com_potencial_energetico/links/5ac2b517a6fdcccda65f82ad/Producao-de-biomassa-em-gramineas-tropicais-com-potencial-energetico.pdf. Acesso em: 3 de maio de 2018.

MORAIS, K.P. et al. Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. Ceres, v.64, n. 3, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Jonas%20Leite/Downloads/1741-11877-1-PB%20(2).pdf. Acesso em: 17 de jun de 2018.

OLIVEIRA, ECA de et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 4, p. 1343-1352, 2010.

PEREIRA, D.S. et al. Produção de forragens de cana-de-açúcar e feijão-guandu cultivados em monocultivo e consórcio. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.7, n.4, 2018. Disponível em: https://www.rbas.ufv.br/index.php/rbas/article/view/421/pdf. Acesso em: 25 de maio de 2018.

SANTOS, Fernando A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Química Nova, v.35, n.5, p.1004-1010, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Queiroz/publication/266506594_Potencial_da_palha_de_cana-de-acucar_para_producao_de_etanol/links/545223730cf24884d8874c5b/Potencial-da-palha-de-cana-de-acucar-para-producao-de-etanol.pdf. Acesso em: 19 de jun de 2018.

SILVA, Ricardo A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, n.2, 2007. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1672/1644. Acesso em: 20 de maio de 2018.

SILVA, Taise Borges Facundes et al. POTENCIAL FORRAGEIRO E PERDAS DE N NA CULTURA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL. 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de calagem e de adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016.

Avaliação das propriedades rurais com reatores biológicos em operação para produção de biogás

Danilo Herculano da Silva[1], Kelly Roberta Spacino[2], Bruna de Souza Moraes[3]

[1]Universidade Estadual de Campinas, herculano_danilo@hotmail.com; [2]Universidade Estadual de Londrina; [3]Universidade Estadual de Campinas

Resumo

A agropecuária brasileira é um dos setores responsáveis pela geração da biomassa residual do processo de criação de animais, que vem crescendo nos últimos anos, principalmente, na atividade de bovinocultura e suinocultura com unidades destinadas à produção de carne e leite. A alta concentração de animais por área nesses estabelecimentos tem ocasionado grande volume de biomassa residual. No entanto, sua exposição em céu aberto e destino em rios têm sido comum, tornando-se um problema social e ambiental. Alguns estudos mostraram que o tratamento da biomassa residual a partir da digestão anaeróbia (DA) apresentou ser uma alternativa interessante e viável, pois além de promover o tratamento adequado do resíduo orgânico, são obtidos o biogás (60% CH_4, 35% CO_2 e 5% outros gases) e o biofertilizante. Esses produtos podem ser usados como matéria prima para produção de energia e adubo orgânico (biodigerido). Para que se obtenha máxima produtividade de biogás, o operador do reator biológico deve ter o conhecimento de alguns parâmetros que influenciam na DA. O objetivo do estudo foi avaliar o processo de DA em biodigestores rurais, operando com dejetos bovinos e suínos, a fim de aumentar o rendimento de produção de biogás. O desenvolvimento da pesquisa foi realizada em conjunto com o Centro Internacional de Energias Renováveis Biogás (CIBIOGÁS-ER), que forneceu os dados da quantidade de animais, dejetos produzidos, análises físico-químicas e produção de biogás em 13 propriedades rurais, sendo 6 com planteis de animais de suínos (creche, ciclo completo e terminação) e 7 de bovinos (vacas leiteiras e bezerros). Neste estudo de caso, a produção de biogás nas propriedades rurais com bovinos são de 7,8 m^3 dia^{-1} e com suínos 67,22 m^3 dia^{-1}. Os parâmetros físico-químicos iniciais e finais avaliados foram: pH, temperatura, sólidos totais (fixos e voláteis) e sedimentares. A análise estatística foi realizada por meio do software Statistica v.10.0. Através da metodologia de superfície de resposta (MSR) foi obtida a interação entre os parâmetros físico-químicos em função da produção de biogás, mostrando a melhor produtividade do sistema de biogás proveniente de dejetos bovinos e suínos. Os resultados mostraram que a partir da MSR e a otimização da DA nas propriedades rurais, pode proporcionar nas propriedades aumento na produção de biogás, sendo 40 m^3 de biogás dia^{-1} com concentração de 59,6 % de metano para bovinocultura e 160 m^3 de biogás dia^{-1} com concentração de 65,2 % de metano para suinocultura. Esses resultados mostram que as propriedades rurais analisadas podem aumentar o seu rendimento de biogás de 412% na bovinocultura e 138% na suinocultura. Portanto, concluímos que o uso da MSR na avaliação da influência da DA apresentou grande importância para o melhoramento do sistema de produção de biogás com criação de animais, podendo auxiliar o operador do reator biológico a otimizar a DA e aplicar em outros tipos de biomassa.

Palavras-chave. Biomassa. Bovinocultura. Suinocultura. Reator biológico. Metodologia de Superfície de Resposta.

Avaliação de um secador solar para secagem de resíduos de pupunha

Arantes, M. S. T.[1], Lima, E. A.[2], Zanoni, P. R. S.[2], Sá, F. P.[3]

[1] Estagiário Embrapa Florestas e discente de Engenharia Química UFPR, matheussamponi@ufpr.br

[2] Pesquisador Embrapa Florestas

[3] Pós-Doutoranda Embrapa Florestas

Resumo

A bainha da pupunha proveniente das indústrias de produção de palmito apresenta um alto teor de umidade, em torno de 85 %. A secagem deste material pode ser realizada utilizando secadores solar, visando o gerenciamento deste resíduo e possibilitando a sua aplicação em diversas áreas, inclusive para a geração de energia. Neste trabalho, a eficiência de um secador solar passivo foi avaliada na secagem do resíduo da pupunha in natura, fazendo-se um acompanhamento das condições meteorológicas, de umidade relativa do ar e temperatura da câmara de secagem e das condições de umidade em base úmida das bainhas ao longo do tempo de operação. Após 38 dias de experimento, a umidade da bainha de pupunha chegou a 22 %, com uma redução volumétrica de 1,7 m³ para 0,8 m³, apresentando um bom rendimento do secador.

Palavras-chave. Secagem, Aproveitamento de resíduos, Biomassa.

Introdução

A secagem é uma operação unitária que consiste na remoção da umidade presente em uma amostra e é realizada em diversos segmentos da indústria, no preparo de reagentes ou até mesmo no refino de produtos.

Dentre os diversos tipos de secadores, destaca-se o secador solar, devido a grande economia de energia que se tem, uma vez que o gasto energético da secagem representa em torno de 10 a 15 % do gasto total em indústrias (HAGE, 2018).

Tem-se, também, uma vantagem econômica na aquisição de secadores solar; uma economia de 92 % pode ser atingida comparando com secadores convencionais de mesmo volume (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2008).

Para se analisar a viabilidade de um secador solar, dois fatores a serem levados em consideração são o tipo de material que passará pelo processo, que pode ser caracterizado quanto ao seu comportamento na etapa de secagem, e o carregamento do equipamento (HAGE, 2018).

Além da aplicação para insumos industriais, o secador solar pode ser utilizado para secagem de frutas e de biomassas em geral, como resíduos de agroindústria.

Na agroindústria de palmito, 70 % da biomassa colhida no campo torna-se resíduo e não apresenta um uso consolidado. A secagem destes resíduos se faz interessante, então, uma vez que o consumo de palmito pupunha tem crescido (SANTOS). Os resíduos gerados nas agroindústrias são divididos em três partes: bainha de proteção externa, bainha interna e a parte basal, que são todas descartadas, mas poderiam ser aproveitadas para várias aplicações, inclusive para geração de energia dentro da própria indústria, substituindo combustíveis fósseis no aquecimento de água, uma vez que apresentam um bom poder calorífico, promovendo uma queima mais ecologicamente sustentável (NISHIGUCHI, 2016). Para tanto, deve-se secar a biomassa, de modo a aumentar o rendimento da queima.

Diversos modelos de secador solar são encontrados na literatura, separados de acordo com o seu funcionamento quanto à exposição solar (secadores direto, indireto e misto) e a sua operação (secadores ativo e passivo), sendo classificados a partir da junção das duas características (AYUA, 2017; SHARMA, 2009).

O presente trabalho tem como objetivo a avaliação de um secador solar passivo misto na secagem da bainha externa de pupunha.

Material e Métodos

O experimento foi realizado utilizando amostras de bainha externa de pupunha, obtida *in natura* em uma agroindústria de médio porte em Antonina, PR, que gera em torno de 3 toneladas de resíduo por dia.

Primeiramente foi realizada a caracterização da secagem do material quanto a sua umidade livre. Cinco bainhas foram amostradas e alocadas em uma estufa (FANEM 315 SE, Brasil) a 110 °C. Foi realizada a pesagem das amostras a cada hora utilizando uma balança digital (AAKER P6MT, Brasil), até massa constante.

A umidade em base úmida foi calculada para cada ponto e, para a determinação das características do sólido, calculou-se a taxa de variação da massa da amostra em função do tempo, obtendo-se o gráfico da taxa ao longo da umidade da amostra, que foi comparado com curvas características de secagem de material disponíveis na literatura.

Uma vez caracterizado o material, o secador solar foi alimentado com uma batelada de 1,7 m³ de bainha de pupunha, que corresponde a 351 kg. O secador utilizado no experimento é mostrado na Figura 1, modelo adaptado a partir do proposto por EMBRAPA, 2008. Foram utilizadas três bandejas de secagem, de modo que o material a ser secado fosse separado em andares, para evitar o empacotamento do material e melhorar a circulação do ar.

A disposição do material no interior do secador foi realizada com 4 camadas de bainha em direção perpendicular para cada bandeja do secador mantendo um espaço entre cada bainha de modo a facilitar a passagem de ar.

Para o acompanhamento do experimento, amostras selecionadas foram identificadas e pesadas diariamente e logo retornadas aos lugares fixos de onde eram retiradas, até que a taxa de variação da massa das amostras ao longo do tempo fosse nula. Foi realizada, então, a secagem total das amostras na estufa a 110 °C para o cálculo de umidade.

Um aquisitor de dados (MINIPA ezTemp-10, Brasil) foi utilizado para acompanhar as condições de temperatura e umidade relativa do ar no interior da câmara de secagem e os dados

meteorológicos foram obtidos a partir da base de dados do INMET para a estação de Colombo, Paraná.

Por fim, foram medidas as alturas das bandejas para cálculo da redução de volume e o material seco foi retirado do secador.

Figura 1. Secador solar utilizado no experimento.

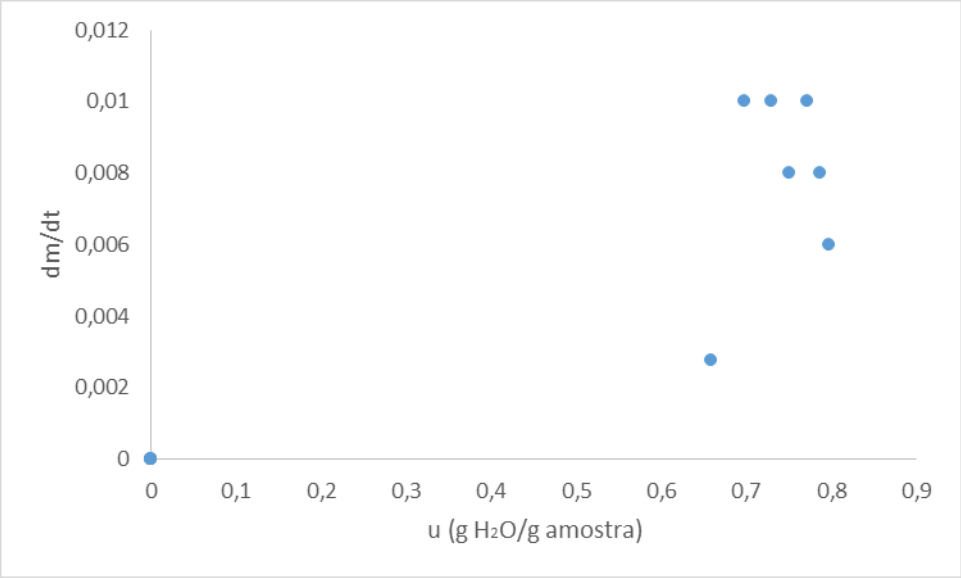
Fonte: Arantes, 2019.

Resultados e Discussão

A partir da Figura 2, pode-se observar as características de secagem da pupunha. Pode-se separar o gráfico obtido em 4 fases: I) o início da secagem, que tem uma taxa intermediária devido ao fato de a amostra estar perdendo água, mas ainda não atingir o equilíbrio térmico com o ar; II) o período de taxa constante de secagem, com maior velocidade de perda de massa; III) a 1ª fase de taxa decrescente, mais acentuada; IV) a 2ª fase de taxa decrescente, com uma característica mais suave.

Analisando as fases obtidas, pode-se observar que a capa da pupunha segue uma curva típica de velocidade de secagem de sólido higroscópico, como já esperado, uma vez que é um material orgânico com bastante afinidade com água e alto índice de umidade *in natura*.

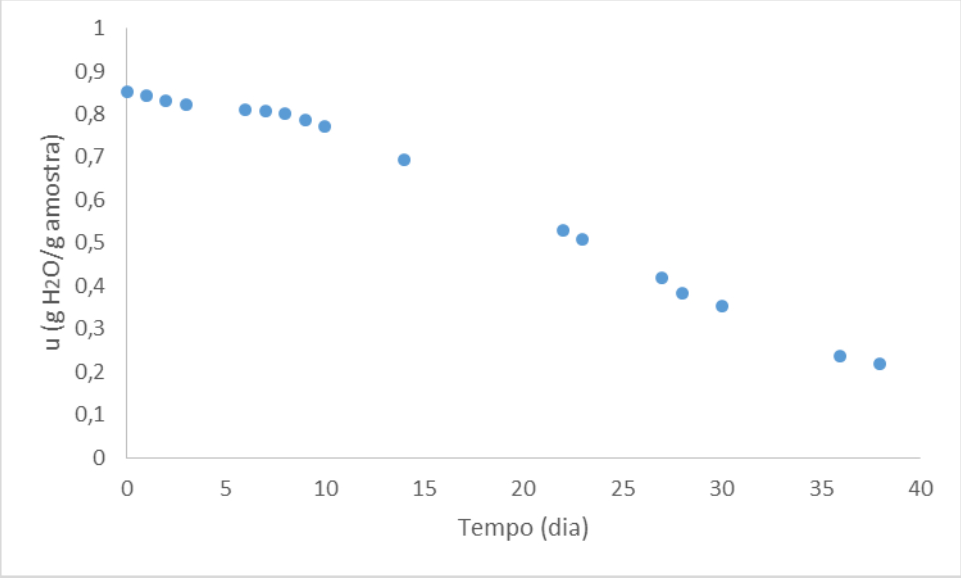
Figura 2. Comportamento da taxa de secagem da haste de pupunha ao longo da umidade da amostra a temperatura constante.



Fonte: Arantes, 2019.

Na Figura 3, pode-se observar a curva de secagem das amostras no secador solar ao longo do tempo. Pode-se observar que a curva de secagem pode ser dividida em 4 fases: I) primeira fase de decréscimo pouco acentuado linear, entre os dias 0 e 4; II) fase constante, que ocorre entre os dias 4 e 8; III) segunda fase de decréscimo linear, mais acentuado, entre os dias 8 e 30; IV) fase de decréscimo exponencial, entre os dias 30 e 38.

Figura 3. Umidade relativa média das amostras ao longo do tempo de operação.

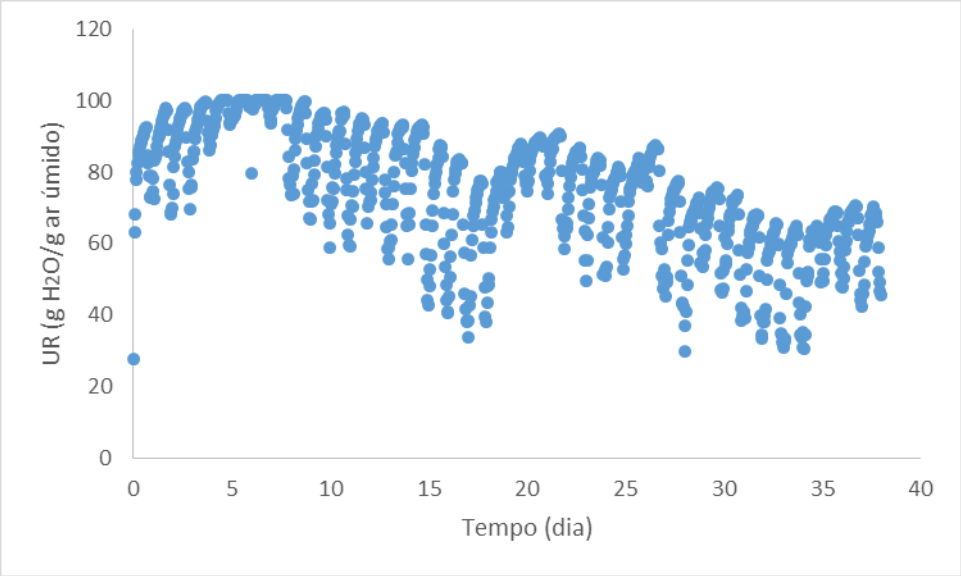


Fonte: Arantes, 2019

Ao analisar as Figuras 2 e 3, observa-se que secagem da bainha da pupunha segue o comportamento esperado, com exceção da fase II. A fase I representa a secagem moderada no início, quando o sólido úmido ainda não atingiu o equilíbrio térmico com o ar; na fase III, tem-se o período de taxa de secagem constante, com maior velocidade de secagem; a fase IV mostra o decaimento da velocidade de perda de água até atingir o estado de equilíbrio de umidade entre a amostra e o ar.

A partir dos dados de umidade relativa do ar obtidos com o aquisitor de dados, mostrados na Figura 4, pode-se observar que, entre os dias 4 e 8, o ar na câmara de secagem estava saturado, com a umidade relativa atingindo 100 % em alguns períodos do dia, o que explica a fase II, de umidade constante, da curva de secagem da Figura 3.

Figura 4. Umidade relativa do ar ao longo do tempo de secagem.



Fonte: Arantes, 2019.

O volume final de bainha de pupunha no secador após o tempo de secagem foi de 0,8 m³, representando uma redução de 53 % do volume inicial. A massa de amostras retiradas do secador solar foi de 66 kg de bainha, obtendo-se uma redução de 81 % de massa da batelada.

Conclusões

O aproveitamento dos resíduos das agroindústrias produtoras de palmito pupunha se mostrou de grande importância a partir deste trabalho, devido a dois fatores principais: primeiramente, a alta quantidade de resíduos sólidos gerados neste segmento de indústria, uma vez que observou-se que o palmito comercializado representa apenas 30 % do volume que é colhido no campo, enquanto o restante é descartado; além disso, o desperdício da biomassa rejeitada, que pode ser utilizada em diversas outras aplicações, como na produção de energia.

Além disso, pôde-se observar a atratividade da aplicação da secagem solar com a economia em energia elétrica na secagem do material, o baixo custo de materiais para a construção do equipamento e as condições de secagem obtidas.

Em 38 dias de secagem, o teor médio de umidade em base úmida da amostra de massa inicial de 351 kg de bainha externa de pupunha caiu de 85 % para 22 %. Para se diminuir o tempo de secagem, pode-se realizar uma menor batelada, de modo a se evitar a saturação do ar ou, ainda, instalar equipamentos que aumentem o fluxo de ar, como ventiladores ou exaustores elétricos.

Referências Bibliográficas

AYUA, E. *et. al.* (2017). Comparison of a mixed modes solar dryer to a direct mode solar dryer for African indigenous vegetable and chili processing. *Journal of Food Processing and Preservation*. V. 41.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL (2008). Secador solar para produtos agroflorestais. Belém. Folheto, 4 p.

HAGE, H. *et. al*. (2018). An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. *Energy*. V. 157, pp. 815-829.

NISHIGUCHI, S. E TABATA, T. (2016). Assessment of social, economic, and environmental aspects of woody biomass energy utilization: Direct burning and wood pellets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 57, pp. 1279-1286.

SANTOS, A. F., RODRIGUES, A. E JÚNIOR, J. F. P. Estatísticas de Produção. *AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica*. Disponível em http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pupunha/arvore/CONT000h3115ka102wx7ha06keammg0wu4ov.html. Acesso em 20/05/2019.

SHARMA, A., CHEN, C. R. E LAN, N. V. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 13, pp. 1185-1210.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE *Zea mays*

Aldiney Luiz dos Santos[1], Breena Alves de Figueiredo[1], Marcelus Moreira Pinheiro[1], Carlos Rogério Andrade[1], Juliana Ceccato Ferreira[1]

[1]*Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, (aldineyluizef@gmail.com)*

Resumo

O Brasil se destaca no setor agrícola por ser um grande produtor de grãos. Com esta elevada produção, a geração de resíduos é inevitável e por isso deve-se propor uso alternativo desta biomassa. O milho (Zea mays) é considerado uma das espécies mais eficientes na conversão de energia radiante e, consequentemente, na produção de biomassa, tornando-se então, destaque na produção de energia. Contudo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial energético da palhada de milho. O experimento foi conduzido no laboratório de Tecnologia e Produtos Florestais da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Foi determinado a massa úmida da biomassa por meio da balança analítica de precisão 0,0001g e posteriormente o material colocado na estufa para secar a 103 +/- 2 ºC até massa constante. A biomassa seca utilizada passou por moagem e logo após por um classificador de peneiras, utilizando malhas de 40 e 60 mesh. O resíduo retido na peneira de 60 mesh foi utilizado para a realização das análises imediatas. Foram realizadas as análises físicas (densidade a granel e umidade) feitas com três repetições cada e análises químicas imediatas (teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo) foram feitas em duplicatas de aproximadamente 1g cada. O resultado de densidade a granel da palha foi de 0,0307 g/cm³ e umidade de 12,87%. Já os resultados obtidos nas análises químicas imediatas foram de 3,03 % para teor de cinzas, 75,49% para materiais voláteis e 21,48% para carbono fixo. Os resultados gerados a partir das análises, mostraram que o resíduo da cultura do milho tem potencial para utilização na geração de energia, visto que, o teor de carbono fixo se assemelha ao encontrado em estudos com eucalipto, que possui um bom potencial energético. Porém, a baixa densidade a granel apresentada pelo resíduo da cultura do milho poderia reduzir a densidade energética do mesmo, resultando em baixa quantidade de energia por unidade de volume e comprometendo a sua utilização na geração de energia em escala comercial. Uma alternativa para aumentar a densidade a granel do material seria realizar pelletização ou briquetagem.

Palavras-chave: Energia de Biomassa, Materiais voláteis, Teor de cinzas, Carbono Fixo

Avaliação do potencial uso dos resíduos de poda da *Terminalia catappa L.* como biomassa para produção de etanol de segunda geração

Roberto Ricardo Rangel[1], Samanta Pereira Vieira[2]

[1]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), robertoricardorangel@gmail.com*

[2]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)*

Resumo

A biomassa é uma fonte de energia renovável e uma opção sustentável para enfrentar os problemas associados ao uso de combustíveis derivados do petróleo, como a emissão de gases de efeito estufa (GEE), por exemplo. Como um grande volume de dióxido de carbono (CO_2) é oriundo do setor de transportes, o uso de biocombustíveis líquidos, como o bioetanol e o biodiesel, poderia ajudar na mitigação do aquecimento global. O bioetanol de segunda geração é produzido a partir de biomassa lignocelulósica; uma matéria-prima barata, de disponibilidade imediata e com fontes variadas e abundantes, incluindo resíduos sólidos urbanos (RSU). Devido ao grande número de árvores da espécie *Terminalia catappa L.* plantados, especialmente na cidade do Rio de Janeiro, há uma grande possíbilidade que os resíduos provenientes de sua poda possam ser matéria-prima para produção de bioetanol de segunda geração. Os experimentos apontaram um rendimento teórico de 18,8 a 21,1 L de etanol por 100 kg de biomassa seca o que seria um indicativo de que o uso dos resíduos de poda da *Terminalia catappa L* poderiam gerar.

Palavras-chave. *Terminalia catappa*, biomassa lignocelulósica, bioetanol.

Bioenergy potential of the new elephant grass genotype PCEA stem grown under sustainable traits

Alessandra Camelo[1,2], Luiz Roberto Magossi[2], Sérgio Fernandes[2], Alfredo Eduardo Maiorano[2], Patricia Helena Lara dos Santos Matai[1]

[1]*Institute of Energy and Environment – IEE, University of São Paulo – USP, São Paulo, SP State, Brazil. alecameloeng@gmail.com*

[2] *Industrial Biotechnology Laboratory, Institute for Technological Research – IPT, São Paulo, SP State, Brazil.*

Abstract

Biomass has long become attractive as a renewable source for bioenergy generation in Brazil. Besides widely applied as forage for ruminants, elephant grass is also a promising raw material for several bioenergy applications, including biofuels and thermochemical conversion. The potential of this grass increases with development of new genotypes propagated by seeds, such as the *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum purpureum* genotype called PCEA, which was developed by Embrapa Gado de Leite. The aim of this study was to characterize the new genotype "PCEA" regarding its potential for bioenergy conversion and compare with other important Brazilian feedstocks. Hence, PCEA stem samples were obtained from Embrapa Agrobiologia, processed and characterized at the Industrial Biotechnology Laboratory for structural components and by the Fuel and Lubricants Laboratory for ash and ultimate analysis at the Institute for Technological Research (São Paulo, SP State, Brazil). Results supported that PCEA stem biomass has desirable C:N ratio of 90:1, higher extractives content (19.5 wt%) which makes it desirable as fuel, and lower %S content compared with regular elephant grass of 0.17 % against 0.32 %, respectively. However, the genotype presented lower content (43.7 wt%) in comparison with RB867515 bagasse (69.3 wt%) and a regular elephant grass genotype (58.5wt%) regarding holocellulose content, fraction that includes cellulose and hemicellulose. Furthermore, the theoretical higher heating value was competitive among the perennials for direct combustion application. Overall, PCEA stem has potential to enrich, diversify and complement biomass offer, along with Brazilian sugarcane bagasse RB867515 regarding properties for bioenergy conversion.

Keywords. Renewable energy. *Pennisetum purpureum*. Perennial grass. Theoretical heating value. Holocellulose.

Introduction

Fossil fuels have powered the world to the way we currently know it, enabling industrial and technological development (LISERRE, SAUTER & HUNG, 2010). However, its exploration in ancient time brought many environmental issues, such as emissions of greenhouse gas (GHG) to the atmosphere, which are acknowledged as the main cause of climate change

nowadays (ANDERSON, HAWKINS & JONES, 2016). Therefore, societies highly dependent on fossil and nuclear sources are shifting into more diverse ones regarding energy offer with major participation of renewable sources, followed by a more sustainable economic model (CLARK et al., 2006; ZOU et al., 2016). In that context, Brazil outstands worldwide with diverse energy offer as a result of commitment with the international Paris agreements for GHG mitigation, where perennial biomass plays a key role.

An outstanding feedstock known as elephant grass figured among few sources on the installed capacity of electricity generation section, with 32 MW power capacity in 2017 (EPE, 2018). The fast-growing elephant grass outstand regarding tolerance to hostile environment and diseases (JESSUP, 2013), biomass yield (MARAFON et al., 2013), quality of dry-matter (DOWLING et al., 2013), and responsiveness to Biological Nitrogen Fertilization – BNF (MORAIS et al., 2012). Besides agricultural traits with seeds instead of stalks, the use of abandoned agricultural lands to grow perennials such as PCEA contribute on preventing deforestation, along with consequent carbon stored emissions in the atmosphere (CAMPBELL et al., 2008). Moreover, C4 grasses responsive to N-fixing can be high-yielding in marginal areas, benefiting them with nutrient leaching and minimizing soil erosion occurrence (SAMSON et al., 2005). Therefore, both use of marginal lands and abandoned agricultural areas to grow PCEA minimize competition with arable lands, resulting in less food security threats. Once sustainable traits are in perspective, the bioenergy potential of a grass must be accessed and evaluated through comprehensive analysis, in order to support worthiness of large cultivation and further bioenergy conversion plant units.

According to Capareda (2014), the comprehensive analysis of vegetal biomass feedstocks includes proximate analysis (fixed carbon, ash and volatile combustible matter), ultimate analysis (C, H, N, O, and S elements), and structural analysis (ash, extractives, lignin, cellulose and hemicellulose). Such characteristics can be accessed through performance of standard laboratory protocols such as the ones developed by the National Renewable Laboratory (NREL), standard test methods elaborated by the American Society for Testing and Materials (ASTM) and the Deutsches Institut für Normung (DIN). Although standard protocols for characterization of biomass feedstocks are longstanding and time consuming, they provide comprehensive data of the raw material, including physicochemical properties and structural composition. With that, it is possible and desirable to compare the analyzed feedstock with the current local flagship in order to infer about whether it is suitable and feasible to integrate chain or substitute raw material. In that sense, this study presents structural and ultimate analyses of a new elephant grass genotype called “PCEA” in comparison with regular elephant grass and sugarcane RB867515 bagasse, providing inferences regarding bioenergy applications that may contribute to the current Brazilian energy scenario.

Material and Methods

The genuine *Pennisetum purpureum* genotype PCEA is propagated by seeds and was developed by the Breeding Group at Embrapa Gado de Leite – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (CNPGL), and cultivated under sustainable traits at Embrapa Agrobiologia – Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ State, Brazil). Samples of PCEA biomass were obtained at the very first harvest, 180 days after inoculation via leaf spray with *Gluconacetobacter diazotrophicus* strain LP343 aiming Biological Nitrogen Fixation – BNF (CAMELO et al., 2018). Stem samples were dried then separated, reduced to 30 mesh

particulate size and stored at 8 ºC in the Industrial Biotechnology Laboratory at the Institute for Technological Research (São Paulo, SP State, Brazil).

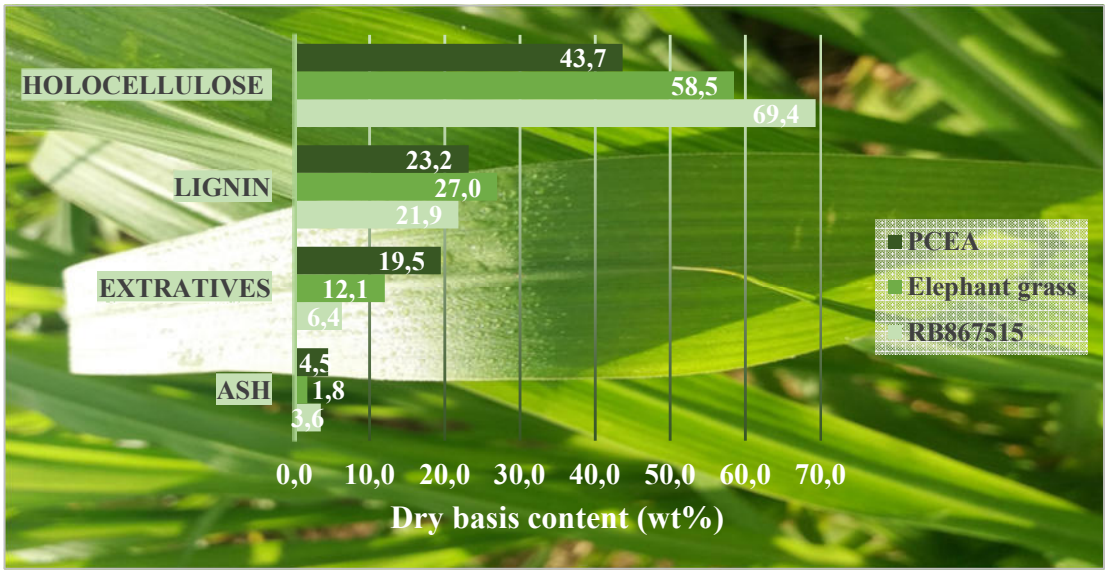
Characterization of the new elephant grass PCEA was performed at the Industrial Biotechnology Laboratory at the Institute for Technological Research – IPT (São Paulo, SP State, Brazil), following adapted standard Laboratory Analytical Procedure (LAP) protocols of the National Renewable Energy Laboratory – NREL (Golden, CO State, USA): (1) Preparation of Samples for Compositional Analysis (NREL-42620); (2) Determination of Extractives in Biomass (NREL-42619); (3) Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass (NREL-42618); and (4) Determination of Acid Soluble Lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy (NREL-42617). The ultimate analysis was performed by the Fuels and Lubricants Laboratory at the Institute for Technological Research – IPT (São Paulo, SP State, Brazil), following standard D3176-15 of the American Society for Testing and Materials (West Conshohocken, PA State, USA). According to Capareda (2014), the empirical correlation of biomass elemental components allows estimative of higher calorific or heating value (HHV) to be made through Boie Equation (Equation 1):

$$HHV\ (KJ.kg^{-1}): 35{,}160*C + 116{,}225*H - 11{,}090*O + 6{,}280*N + 10{,}465*S \quad (1)$$

Results and Discussion

To the best of our knowledge, characterization of stem fraction was not performed for elephant grass grown under Brazilian edaphoclimatic conditions. With that, structural components of PCEA stems were compared with the same vegetal fraction of a genotype grown in Malaysia (MOHAMMED et al., 2015) and sugarcane bagasse RB867515 widely cultivated in Brazil (MACHADO et al., 2018), as shown in Figure 1. Overall, values reported for agricultural biomass typically range for holocellulose from 30 to 70 %, lignin from 12 to 29 %, extractives from 3 to 13 %, and ash can be found varying from 3 to 10.3 % weight content (LYND et al., 1999). PCEA steam biomass has good C:N ratio of 90:1 and the highest extractives content of 19.5 wt% among the three perennials, higher than the 13 % maximum typical range reported by Lynd et al. (1999). Higher presence of extractives generally provides higher volatile matter when combustion occurs (ZANUNCIO et al., 2014), which makes the raw material desirable as fuel (DEMIRBAS, 2007). However, the new genotype presents inferior value (43.7 wt%) when compared with the regular elephant grass (58.5 wt%) and RB867515 bagasse (69.4 wt%) regarding holocellulose, fraction that includes cellulose and hemicellulose contents. Moreover, PCEA showed higher structural content of lignin when compared with RB867515 bagasse, 23.2 wt% and 21.9 wt%, respectively. The regular elephant grass was observed with the lowest ash content of 1.8 wt%, while PCEA has 4.5 wt% and sugarcane bagasse 3.6 wt%.

Figure 1. Structural composition of PCEA in comparison with elephant grass and sugarcane (RB867515) cultivated by stalk



Source: Elephant grass from Mohammed et al. (2015); sugarcane RB867515 bagasse data retrieved from Machado et al. (2018)

The ultimate analysis (db%) and theoretical higher heating value (MJ.kg^{-1}) of the three perennials are also presented (Table 1).

Table 1. Stem characteristics of PCEA, regular elephant grass and RB867515 bagasse in dry weight basis (*db%*).

Characteristic	PCEA	Elephant grass (MOHAMMED et al., 2015)	Sugarcane (MACHADO et al., 2018)
Ultimate analysis (db%)			
Carbon (C)	45.1	48.61	43.35
Hydrogen (H)	5.49	6.01	6.25
Nitrogen (N)	0.50	0.99	0.00
Sulfur (S)	0.17	0.32	0.05
Oxygen (O)*	44.24	44.07	45.79
C:N (atomic ratio)	90:1	49:1	-
*Theoretical HHV (MJ.kg^{-1})***	17.38	19.28	17.43

*. By difference; **. Boie Equation

Differences regarding C content are observed to infer on calorific power, where the higher 48.61 %C content corroborated higher 19.28 MJ.kg^{-1} HHV observed for the regular elephant grass. The PCEA stem HHV of 17.38 MJ.kg^{-1} stands within range value for agricultural feedstocks from 10 to 18 MJ.kg^{-1} dry basis (CAPAREDA, 2014). With that, PCEA stem supply is also competitive with the other perennials for direct combustion applications, including pellets and briquettes. The low %S content in PCEA compared with regular elephant grass outstands, once it is desirable for renewable sources and indicates that SOx emissions during combustion are not of concern for this bioenergy source.

Conclusions

Overall, PCEA stem has potential to enrich, diversify and complement biomass supply offer in Brazil regarding its competitive properties for bioenergy conversion. Furthermore, ease and sustainable agricultural traits enhanced through seed propagation and responsiveness to Biological Nitrogen Fixation (BNF), which reduce CO_2 emissions to the atmosphere, are some attractive features of this new genotype. Finally, Brazilian stakeholders of the energy sector are invited to invest on development of dedicated energy crops for Brazilian edaphoclimatic conditions, such as PCEA, that also avoid competition with food supplies and arable lands providing good quality feedstock for bioenergy generation.

Acknowledgments

The authors are thankful to Dr. Francisco Ledo (CNPGL), Dr. José Ivo Baldani and Dr. Marcia Soares Vidal (CNPAB) for providing PCEA stem samples, and gratefully acknowledge the financial support of the Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) - New Talents Program of the Institute for Technological Research (NT-IPT). Alessandra Camelo was sponsored by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Social Demand/Program of Support to Graduate Activities at the Institute of Energy and Environment, University of São Paulo (IEE-USP).

Bibliographical References

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS – ASTM (2015) D3176-15, Standard Practice for Ultimate Analysis of Coal and Coke, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015

ANDERSON, T. R. HAWKINS, E. AND JONES, P. D. (2016) CO2, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. Endeavour, Amsterdam, V. 40, I. 3, pp. 178-187.

CAMELO, A. BARRETO, C. P. VIDAL, M. S. ROWS, J. R. C. BALDANI, J. I. Response of the C4 energy *Pennisetum purpureum* variety PCEA to inoculation with diazotrophic bacteria. In: SYMPOSIUM ON BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, 16.; LATINAMERICAN WORKSHOP OF PGPR, 4.; RELARE, 19., 2018, Foz do Iguaçu. Book of abstracts.

CAMPBELL, J. E. LOBELL, D. B. GENOVA, R. C. FIELD, C. B. (2008) The Global Potential of Bioenergy on Abandoned Agriculture Lands. *Environment Science & Technology*, V. 42, I. 15, pp. 5791-5794

CAPAREDA, S. C. (2014) Biomass Properties for Thermal Conversion. *Introduction to Biomass Energy Conversions*. CRC Press, Taylor & Francis Group, pp. 83-117.

CLARK, J. H. BUDARIN, V. DESWARTE, F. E. I. HARDY, J. J. E. KERTON, F. M. HUNT, A. J. LUQUE, R. MACQUARRIE, D. J. MILKOWSKI, K. RODRIGUEZ, A. SAMUEL, O. TAVENER, S. J. WHITE, R. J. WILSON, A. J. (2006) Green chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future. Green Chemistry, V. 8, I. 10, PP. 853-860.

DEMIRBAS, A. (2007) Combustion of Biomass. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, V. 29, I. 6, pp. 549-561

DOWLING, C. D. BURSON, B. L. FOSTER, J. L. TARPLEY, L. JESSUP, R. W. (2013) Confirmation of Pearl Millet-Napier grass Hybrids Using EST-derived Simple Sequence Repeat (SSR) Markers. *American Journal of Plant Sciences*, V. 4, I. 5, pp. 1004-1012

EPE – Energy Research Office (2018) Brazilian Energy Balance: year base 2017. Ministry of Mines and Energy – MME. Available at http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Publicacoes Arquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio_Final_BEN_ 2017.pdf Accessed: 15 Apr 2019.

JESSUP, R. W. (2013) Seeded-Yet-Sterile Perennial Biofuel Feedstock. *Advances in Crop Sciences and Technology*, V. 1, I. 2, pp. 97-112.

LISERRE, M. SAUTER, T. HUNG, J. Y. (2010) Future Energy Systems: Integrating Renewable Energy Sources into the Smart Power Grid Through Industrial Electronics. IEEE Industrial Electronics Magazine, V. 4, I. 1, pp. 18-37.

LYND, L. R. WYMAN, C. E. GERNGROSS, T. U. (1999) Biocommodity Engineering. *Biotechnology Progress*, V. 15, pp. 777-793

MACHADO, G. SANTOS, F. FARIA, D. QUEIROZ, T. N. de ZINANI, F. QUEIROZ, J. H. de GOMES, F. (2018) Characterization and Potential Evaluation of Residues from the Sugarcane Industry of Rio Grande do Sul in Biorefinery Processes. *Natural Resources*, V. 9, pp. 175-187

MARAFON, A. C. SANTIAGO, A. D. CÂMARA, T. M. M. RANGEL, J. H. A. LEDO, F. J. S. (2013) Produção e Qualidade da Biomassa de Genótipos de Capim-elefante com fins Energéticos Cultivados nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 67. Aracaju, p. 7. (ISSN 1678-1945).

MORAIS, R. F. QUESADA, D. M. REIS, V. M. URQUIAGA, S. ALVES, B. J. R. BODDEY, R. M. (2012) Contribution of Biological Nitrogen Fixation to Elephant grass (Pennisetum purpureum Schum.). *Plant and Soil*, V. 356, I. 1-2, pp. 23-34.

MOHAMMED, I. Y. ABAKR, Y. A. KAZI, F. K. YUSUP, S. ALSHAREEF, I. CHIN, S. A. (2015) Comprehensive Characterization of Napier Grass as a Feedstock for Thermochemical Conversion. *Energies*. V. 8, pp. 3403-3417.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL42617 (2007) Determination of Acid Soluble Lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy. Laboratory Analytical Procedure (LAP), Golden, CO.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL42618 (2007) Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass. Laboratory Analytical Procedure (LAP), Golden, CO.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL42619 (2007) Determination of Extractives in Biomass. Laboratory Analytical Procedure (LAP). Golden, CO.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL42620 (2007) Preparation of Samples for Compositional Analysis. Laboratory Analytical Procedure (LAP), Golden, CO.

SAMSON, R. MANI, S. BODDEY, R. SOKHANSANJ, S. QUESADA, D. URQUIAGA, S. REIS, V. LEM, C. H. The potential of C4 Perennial Grasses for Developing a Global BIOHEAT Industry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, V. 24, I. 5-6, pp. 461-495.

ZANUNCIO, A. J. V. CARVLHO, A. G. TRUGILHO, P. F. MONTEIRO, T. C. Extractives and energetic properties of wood and charcoal. *Revista Árvore*, V. 38, N. 2, pp. 369-374

ZOU, C. ZHAO, Q. ZHANG, G. XIONG, B. (2016) Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. *Natural Gas Industry B*, V. 3, I. 1, pp. 1-11.

Biotransformação de resíduos de coco (*Cocos nucifera L.*) utilizando a técnica de incineração em forno Mufla

Yasmin Cantuária Moutinho dos Santos[1], Lidiane da Silva Soares[1], Suzanne Amaral Teixeira[1], John William da Silva Queiroz[1], Hinton Hennington Portilho Bentes Neto [2]

[1]*Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Faculdade de Biotecnologia, yasmincantuaria@gmail.com*

[2]*Instituto de Estudos Sustentáveis e Tecnológicos da Amazônia – AMAZÔNIATEC*

Resumo

O aprimoramento de técnicas de bioconversão de biomassas são de extrema importância para solucionar problemas ambientais como o descarte inadequado desses resíduos, além de propor a produção de subprodutos de geração de receita. Tendo isso em vista, a técnica de incineração em forno Mufla é uma importante alternativa de conversão da biomassa do coco, tendo como maior relevância, a obtenção de um material de valor econômico, o carvão mineral e, além disto, sem a emissão de gases poluentes no meio ambiente. Inserindo assim, a região norte como opção para o fornecimento de insumos deste grupo para o setor de cosméticos. À posto disto, o objetivo deste trabalho foi obter uma revisão bibliográfica acerca da produção de cocos no estado, passando pelos índices de resíduos gerados, descarte e finalmente, o desenho de uma proposta de bioconversão e produção de subprodutos. A técnica de incineração em forno Mufla propõe uma interessante condição para a biotransformação desta biomassa. O forno é um equipamento capaz de atingir altas temperaturas, muito utilizado nas indústrias alimentícias, sucroalcooleiras e mineradoras, principalmente na determinação de resíduos. As cinzas, portanto, serão os resíduos inorgânicos que permanecem após a queima da matéria orgânica, transformada em CO_2, H_2O e NO_2. Estes resíduos se destacam por ter uma valorosa aplicação no setor de cosméticos, podendo compor resinas, ceras ou pós. Deste modo, a necessidade de alternativas para a reutilização da casca de coco faz-se importante pelo volume produzido e tempo de decomposição na natureza, bem como o aproveitamento desses resíduos através da implantação de uma cadeia agroindustrial, sendo uma opção para a inserção da matéria prima e subproduto, no processo de produção reversa. Após revisão bibliográfica, pôde-se concluir que a técnica de incineração em forno Mufla apresenta viabilidade na obtenção de carvão mineral, insumo que pode ser aplicável às indústrias de cosméticos, sendo mais uma contribuição para a economia do estado e principalmente, uma alternativa sustentável para o descarte dos resíduos desta cadeia produtiva.

Palavras-chave. Biomassa. Biotransformação. Sustentabilidade. Agroindústria.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA CASCA DE CAFÉ CARBONIZADA

Kylayny Xavier da Guarda 1[1], Thalia Arantes da Silva 2[2], Carlos Rogério Andrade 3[3], Juliana Ceccato Ferreira 4[4]

[1] *Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Jataí - GO, Brasil, kylaynyxavier@hotmail.com*
[2] *Universidade Federal de Goiás,*
[3] *Universidade Federal de Goiás,*
[4] *Universidade Federal de Goiás.*

Resumo

Dentre os resíduos agrícolas a casca de café, pode ser destacada como matéria-prima com grande potencial, visto que o Brasil é o maior produtor de café do mundo. O presente estudo teve como objetivo, analisar as diferentes propriedades físicas e químicas imediata, caracterizando-os como potenciais para a produção de energia. O experimento foi analisado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. A casca de café foi previamente seca em estufa a 103 ± 2 ºC até a massa constante. Os resultados obtidos para densidade a granel da casca de café foi 0,31 g/cm^3 e teor umidade 9,14%. Sendo assim, os resultados obtidos nas análises químicas imediatas foram 8,77% para teor de cinzas, 65,30% para materiais voláteis e 25,94% para carbono fixo. A quantidade de umidade, teor de cinzas, materiais voláteis presentes na biomassa influenciam na combustão da casa de café. A casca de café carbonizada apresenta potencial energético em razão dos maiores teores de carbono fixo. A biomassa foi triturada em um triturador industrial e posteriormente foi passada em um conjunto de peneira de 40 e 60 mesh, sendo utilizada aquelas retidas na peneira de 60 mesh. No experimento foram realizadas as análises físicas (densidade a granel e umidade) feitas com três repetições cada e análises químicas imediatas (teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo) foram feitas em duplicatas de aproximadamente 1 g cada.

Palavras-chave. Análise Química. Bioenergia. Biomassa. Resíduo Lignocelulósico.

Comportamiento agronómico de variedades de higuerilla (*Ricinus communis L.*) para el trópico húmedo en México

Biaani Beeu Martínez Valencia[1], José Luis Solís Bonilla[2], Edwin Barrios Gomez[3], Héctor Rómulo Rico Ponce[4], Guillermo López Guillen[5]

[1]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Rosario Izapa-CIRPAS, Tuxtla Chico, Chiapas, México. martinez.biaani@inifap.gob.mx.*

[2]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Rosario Izapa-CIRPAS. Tuxtla Chico, Chiapas, México.*

[3]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Zacatepec-CIRPAS. Zacatepec, Morelos, México.*

[4].*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Valle de Apatzingán-CIRPAC. Apatzingán, Michoacán, México.*

[5]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Rosario Izapa-CIRPAS. Tuxtla Chico, Chiapas, México.*

Resumo

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento agronómico de un grupo de variedades de higuerilla en condiciones de trópico húmedo partiendo de materiales élite, para condiciones de temporal, con alto rendimiento y buena calidad de aceite. Se valoraron las variedades en las características de racimos, fruta y rendimiento biológico y agronómico. El material genético constó de ocho variedades mejoradas del INIFAP originarias de Chiapas y Michoacán. De acuerdo a los resultados obtenidos el genotipo TUX2015 es un buen arquetipo con influencia en porte bajo de la planta, sin embargo, es de baja producción. Dentro de la evaluación de selecciones individuales en este ambiente de Tuxtla Chico, destacó en el rendimiento agronómico las variedades V2 (INIFAP MX *Riric19)* de Villa Corzo y V7 (INIFAP MX *Riric29)* de Villaflores con rendimientos superiores a los 2000 kg ha^{-1}. Las variedades V2 (INIFAP MX *Riric19*) de Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas, V5 (*Riric265-1*) de Barranca Honda, Michoacán y V7 (INIFAP MX *Riric29*) de La Garza, Villaflores, Chiapas fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de Tuxtla Chico, Chiapas. Estos resultados indican que existen materiales promisorios para la formación de futuras variedades de higuerilla para incrementar los rendimientos y la calidad de tal manera que el cultivo pueda ser rentable y competitivo.

Palavras-chave. Evaluación, producción, adaptación, biocombustible.

Introdução

La demanda de biocombustibles a nivel nacional e internacional se incrementa constantemente debido a la necesidad de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y al

agotamiento de las reservas de petróleo. Por lo anterior diversos países en el mundo se han orientado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía a partir de especies vegetales (ZAMARRIPA et. al., 2012). Una de las especies para la producción de biocombustibles que no compite con la alimentación humana es la Higuerilla (*Ricinus communis* L.), planta oleaginosa que se encuentra ampliamente distribuida en México (ZAMARRIPA et. al., 2012; SOLÍS et. al., 2014; SOLÍS et. al., 2016) la cual es rústica y posee potencial para la producción de aceite. Además, el aceite de higuerilla reúne características fisicoquímicas que la posicionan como una opción en la producción de biocombustibles (MARTÍNEZ et. al., 2012). Al ser una especie vegetal se desarrollará una tecnología que dará alternativas para proporcionar bienestar a las familias rurales y cuidado al medio ambiente a través de la producción de energía sustentable, además que esta especie tiene muchos usos en cuanto al aceite y subproductos de uso como combustibles como los pellets y briquetas. En México se necesita desarrollar y validar variedades de alto rendimiento de semilla y aceite adaptadas a las diversas condiciones del país. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento agronómico de un grupo de variedades de dicha especie en Tuxtla Chico, Chiapas bajo condiciones de clima tropical húmedo.

Material e Métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental Rosario Izapa, con coordenadas geográficas 92° 09’ longitud Oeste y 14° 58’ latitud Norte a una altitud de 435 msnm, área de selva tropical húmeda con 26 °C de temperatura media, precipitación media anual de 4 194 mm con promedio de 188 días de lluvia. Se evaluaron ocho variedades de higuerilla en un experimento de selecciones individuales. El experimento se estableció el 8 de agosto de 2015. La parcela experimental fue de 4 metros de largo por 2 metros de ancho (8 m^2), con tres plantas por surco, en rectángulo a 3 x 2 m. La densidad de población fue de 1,666 plantas ha. Las variedades del INIFAP fueron seleccionados de acuerdo con resultados previos obtenidos por Zamarripa et. al. (2010) y Solís (2015), además se utilizó un control con características de porte enano (Tabela 1). El experimento se desarrolló en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. Los análisis se hicieron a través del programa estadístico SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) y las medias comparadas por la prueba de Duncan, con un nivel de significación del 5%.

Tabela 1. Origen de las variedades de higuerilla utilizadas en el ensayo de selecciones individuales.

Variedad	Origen	Altitud (msnm)	Color de semilla
INIFAP MX *Riric10*	Unión Juárez, Chiapas	878	Crema veteada
INIFAP MX *Riric19*	Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas	1070	Crema veteada
INIFAP MX *Riric274*	San Jerónimo, Unión Juárez, Chiapas	776	Crema veteada
INIFAP MX *Riric1*	Unión Roja, Cacahoatán, Chiapas	519	Café veteado
INIFAP MX *Riric265-1*	Barranca Honda, Michoacán	872	Crema veteada
INIFAP MX *Riric267-2*	Tipitio, Uruapan, Michoacán	2101	Crema veteada
INIFAP MX *Riric29*	La Garza, Villaflores, Chiapas	605	Café veteado
TUX2015	CERI, Tuxtla Chico, Chiapas	60	Gris veteado

Resultados e discussão

Se detectó significancia en variedades en siete de nueve características de racimo evaluadas, no se detectó significancia solo para número de racimos (NR) y Número de frutos por racimo (NF). El número de racimos varió de 8 a 16. El peso fresco de racimo fluctuó de 33.10 a 399 g, siendo las variedades Riric265-1 y Riric19 quienes obtuvieron los valores más altos. La longitud de racimo más corta la presentó la variedad TUX2015 (Tabela 2). Las variedades con mayor número de frutos por racimo son la INIFAP MX *Riric29* e INIFAP MX *Riric 19* con 42 y 44, respectivamente. En cuanto al peso de frutos por racimo la variedad TUX2015 presento el peso más bajo. El peso de cascara varió de 6.88 a 86.03 g. El peso de semillas por racimo fluctuó de 8.57 a 104.47 g siendo la variedad INIFAP MX *Riric29* la de mayor valor. El número semillas por racimo varió de 68.7 a 132.50 siendo las variedades INIFAP MX *Riric274*, INIFAP MX *Riric19* e INIFAP MX *Riric29* quienes presentaron el mayor NS con 116, 128 y 132, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2. Comparación de medias de las características de racimo de las variedades de higuerilla en Tuxtla Chico, Chiapas.

Variedad	NR	PFR (g)	LGR (cm)	PSR (g)
INIFAP MX *Riric10*	15.1a	243.38b	25.94a	109.30c
INIFAP MX *Riric19*	13.3ab	399.16a	29.02a	192.08a
INIFAP MX *Riric274*	15.3a	227.85b	31.37a	111.29c
INIFAP MX *Riric1*	15.7a	310.42ab	26.11a	134.71bc
INIFAP MX *Riric265-1*	8.8b	398.86a	25.57a	182.66ab
INIFAP MX *Riric267-2*	14.6ab	279.36ab	28.63a	123.59c
INIFAP MX *Riric29*	13.4ab	387.83a	27.14a	213.58a
TUX2015	13.9ab	33.10c	13.11b	15.74d
Media	13.76	285.00	25.86	135.37
CV	18.73	20.57	10.04	19.38

NR=Número de racimos; PFR=Peso fresco de racimo; LGR=Longitud de racimo; PSR=Peso seco de racimo; Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan (P≤0.05).

Tabela 3. Comparación de medias de las características de fruto y racimo de las variedades de higuerilla en Tuxtla Chico, Chiapas.

Variedad	NF	PF (g)	PC (g)	PS (g)	NS
INIFAP MX *Riric10*	27.65bc	99.47b	45.30c	53.79b	79.97bc
INIFAP MX *Riric19*	44.21a	171.86a	71.87ab	99.48a	128.33a
INIFAP MX *Riric274*	39.59abc	100.57b	40.33c	59.01b	116.26ab
INIFAP MX *Riric1*	31.90abc	115.21b	53.01bc	63.00b	88.76abc
INIFAP MX *Riric265-1*	37.54abc	164.83a	69.84ab	92.88a	108.75abc
INIFAP MX *Riric267-2*	31.23abc	106.23b	48.45c	56.37b	89.77abc
INIFAP MX *Riric29*	42.60ab	191.15a	86.03a	104.47a	132.50a
TUX2015	25.07c	14.83c	6.86d	8.57c	68.73c
Media	34.97	120.52	52.71	67.20	101.63
CV	18.56	18.99	18.27	19.77	19.16

NF=Número de frutos por racimo; PF=Peso de frutos por racimo; PC=Peso de cascara por racimo; PS=Peso de semillas por racimo; NS=Número de semillas por racimo. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan (P≤0.05).

Se detectó significancia en variedades en cuatro de cinco características evaluadas de los componentes del rendimiento biológico y agronómico, no se detectó significancia solo para número de semillas por planta (NSP). El número de semillas por planta (NSP) varió de 985 a 1914. El rendimiento por planta fluctuó de 125 a 1336 g, siendo las variedades INIFAP MX *Riric29* y INIFAP MX *Riric19* quienes obtuvieron los valores más altos. El índice de semilla que se define como el peso promedio de semilla seca varió de 0.12 a 0.85 g, las variedades con mayor IS fueron INIFAP MX *Riric 29*, INIFAP MX *Riric19* e INIFAP MX *Riric265-1* con valores de 0.79, 0.80 y 0.85 g, respectivamente. El índice de racimo, que se define como el número de racimos necesarios para obtener un kilogramo de grano seco, fluctuó de 10 a 131, es decir, que mientras que la variedad *Riric19* necesita 10 racimos para obtener un kilogramo de semilla con la variedad TUX2015 se requiere de más de 100 racimos para completar esa misma producción de semilla. El rendimiento agronómico fluctuó de 209 a 2,226 kg por hectárea siendo las variedades INIFAP MX *Riric19* de Villa Corzo e INIFAP MX *Riric29* de Villaflores con rendimientos superiores a los 2000 kg ha^{-1} (Tabela 4). Los resultados han demostrado que las variedades mejoradas se adaptaron satisfactoriamente a las condiciones del Trópico Húmedo de Chiapas con rendimientos que van desde los 1300 a 2226 kg ha^{-1} en los materiales de origen Chiapaneco y de 1300 a 1429 kg ha^{-1} en las variedades de origen Michoacano en comparación con la no mejorada de Tuxtla Chico con rendimiento de 209 kg ha^{-1}.

Tabela 4. Comparación de medias de los componentes del rendimiento biológico y agronómico en Tuxtla Chico, Chiapas.

Variedad	NSP	RP (g p)	IS	IR	REN (kg ha^{-1})
INIFAP MX *Riric10*	1243.7a	833.0a	0.68bc	21.0b	1387.7a
INIFAP MX *Riric19*	1748.0a	1336.2a	0.80a	10.2b	2226.1a
INIFAP MX *Riric274*	1914.4a	969.8a	0.51d	21.1b	1615.8a
INIFAP MX *Riric1*	1389.7a	978.8a	0.71b	16.9b	1630.7a
INIFAP MX *Riric265-1*	985.8a	857.9a	0.85a	14.6b	1429.2a
INIFAP MX *Riric267-2*	1312.3a	823.2a	0.64c	21.2b	1371.4a
INIFAP MX *Riric29*	1700.9a	1333.1a	0.79a	12.9b	2220.9a
TUX2015	998.5a	125.8b	0.12e	131.5a	209.5b
Media	1411.7	907.2	0.64	31.2	1511.4
CV	29.36	29.52	4.58	24.61	29.52

NSP=Número de semillas por planta; RP=Rendimiento por planta; IS=Índice de semilla; IR=Índice de racimo; REN=rendimiento agronómico. Promedios con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Conclusões

Todas las variedades estudiadas se desarrollaron reproductivamente bien en condiciones de suelo y clima de Tuxtla Chico; sin embargo, no todas presentan rasgos deseables para una buena producción de grano, como la variedad Tux2015. Destacaron las variedades INIFAP MX *Riric19* e INIFAP MX *Riric29* originarias de la región Frailesca del estado de Chiapas. Los materiales evaluados de la serie INIFAP MX *Riric* tienen buenas características en sus componentes del rendimiento, los cuales constituyen recursos fitogenéticos promisorios para el desarrollo de programas de mejoramiento genético de higuerilla en México.

Agradecimentos

A la SAGARPA y al INIFAP por su interés y apoyo para el establecimiento y desarrollo de los trabajos de investigación en cultivos bioenergéticos en México.

Referências Bibliográficas

MARTÍNEZ, V. B. B., HERNÁNDEZ, M., SOLÍS, J. L., ZAMARRIPA, A. (2012). Calidad agroindustrial del aceite de higuerilla (Ricinus communis L.) para la producción de bioenergéticos en México. In: *V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso*. Guarapari (ES). pp. 2

SOLÍS, B. J. L., MUÑOZ, O. A., ESCALANTE, E. J. A., ZAMARRIPA, C. A. (2014). Crecimiento de variedades de higuerilla (Ricinus communis L.) en dos ambientes contrastantes. In: *Memoria XXV Congreso Nacional y V Congreso Internacional de Fitogenética*. SOMEFI. pp. 45.

SOLÍS, B. J. L. (2015). Variabilidad genética y adaptación de variedades de higuerilla para la producción de biocombustibles. *Tesis de Maestría*. Colegio de posgraduados, México.

SOLÍS, B. J. L., MUÑOZ, O. A, ESCALANTE, E. J. A., ZAMARRIPA, C. A. (2016). Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuerilla (*Ricinus communis L.*) en Montecillo, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. V.7. N.2.,pp. 311-323.

ZAMARRIPA, C. A., SOLÍS, B. J. L, MARTÍNEZ, V. B. B, COTOC, B. J C. (2010). Evaluación y selección de materiales elite de higuerilla (*Ricinus communis L.*), para la obtención de biocombustibles en México. In: *Memoria V Reunión Nacional de Innovación Agrícola*, INIFAP. 245 p.

ZAMARRIPA, C. A, SOLÍS, B. J. L, RIEGELHAUPT, E., MARTÍNEZ, V. B.B., HERNÁNDEZ, C. M, (2012). Balance de emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de higuerilla en la producción de biodiesel en México. In: *V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso*, Guarapari (ES). p. 1.

COMPOSIÇÃO QUIMICA E FISICA DA CASCA DO FRUTO DE *Dipteryx alata* Vogel

Kylayny Xavier da Guarda 1[1], Iracelia Tavares dos Santos 2[2] , Leticia Ferreira Lima 3[3], Carlos Rogério Andrade 4[4]

[1] *Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Jataí - GO, Brasil, kylaynyxavier@hotmail.com*
[2] *Universidade Federal de Goiás,*
[3] *Universidade Federal de Goiás,*
[4] *Universidade Federal de Goiás.*

Resumo

Baru é uma espécie arbórea frutífera da família Fabaceae com distribuição ampla e irregular no Cerrado. Atualmente, comunidades que possuem pouco recursos, tem como uso alternativo, o extrativismo da castanha do fruto baru para aumentar a renda familiar. Com a comercialização das sementes, consequentemente, gera-se uma quantidade significativa de resíduos, onde o mesmo, ao ser descartado, contribui na poluição do meio ambiente. Entretanto, há meios de amenizar, transformando-o em um produto rendável e comercial. O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades físicas e químicas para determinar o potencial energético da casca do fruto do baru. As cascas de baru foram coletadas no Campus Jatobá, da Universidade Federal de Goiás-GO, descartados pelo o laboratório de produção de mudas desta instituição. O beneficiamento da casca dos frutos foi realizado com o uso de ferramenta metálica adaptada. Foram pesados em 3 recipientes de 5x10x15cm para realização da densidade a granel. A umidade foi determinada secando-se as amostras à 103 ± 2 °C em uma estufa por 24 horas e ocasionando a perda de H_2O. Na determinação de umidade de equilíbrio, utilizou-se o forno elétrico de 46 L de bancada (Philco) por 2h 12min e com temperatura média de 207 °C, as cascas foram moídas em um triturador e peneiradas (60-40mesh). A fração que permaneceu após o aquecimento de 600 °C é teor de cinzas. O carbono fixo em seu processo de determinação é feito por diferença, na qual calcula-se as porcentagens de materiais voláteis e de cinzas, a diferença de 100 menos a soma do teor de materiais voláteis e teor de cinzas dará a porcentagem do carbono fixo. Para a análise de química imediata de materiais voláteis foi levado duas amostras para a mufla, em temperatura de 750 °C por 6min. E para o teor de cinzas foram colocadas as duas amostras na mufla, em temperatura de 600 °C por 6 horas, e obtendo o peso do resíduo completamente incinerado. O resultado da densidade a granel foi 0,531g/cm³ e o teor de umidade 9,98%. Para os resultados das amostras realizadas das análises, do teor de materiais voláteis foi 45,42%, para teor de cinzas 27,17% e teor de carbono fixo em média 27,54%. Com o aumento do teor de cinzas de 21,17% se deve às condições ambientais que foram modificando-se, ao longo do experimento, afetando a perda de água na casca do fruto e mostrando que este componente pode estar relacionado á estabilidade do fruto. A redução do teor de umidade de 9,98% está relacionada com o aumento do teor de cinzas. A casca do baru é considerada importante fonte de fibra alimentar e açúcares, sendo assim, contém elevado teor de taninos, que reduz, gradativamente, o teor de umidade e aumentando o teor de cinzas. O uso alternativo de resíduos da casca de baru, é uma possibilidade de geração de energia de forma sustentável e agregar valor comercial.

Palavras-chave. Baru. Casca. Carbonização. Materiais voláteis.

Comprehensive use of agroindustrial waste from Palma

Matheus Hipólito[1], Fernando Santos[2], Jaqueline de Mattia[2], Rogério Lourega[1], Guilherme Dias[2], Betina Aita[2], Paulo Eichler[1]

[1]Pontífica Catholic University of Rio Grande do Sul, matheushipolitoll@gmal.com
[2]Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Abstract

The oil palm or Elaeis Guineensis is an oleaginous belonging to the Arecáceas family whose main characteristic is its high productivity (about 25 years), and the production cycle that allows its fruits to be harvested every 20 days. It is the most produced oilseed in the world with approximately 21.35 million hectares harvested in 2017. The palm oil industry made two main products: the palm oil obtained from the pressing of the fruit mesocarp and the palm kernel oil that is extracted from palm seed. Together they added a production of 72.1 million liters in 2016, having as main destination the food industry, and also applications in the automotive, pharmaceutical and chemical industries. This production presents a large quantity of by-products both in the agricultural part as in the industrial part. Agricultural residues consist of parts of the plant that are not processed and are currently released directly to the soil, these being the leaves and the trunk. Due to the constant growth, an adult plant can produce approximately 700 kg of leaf per plant per year, and during re-planting periods approximately 80 tons per hectare of waste are produced, being these 66 tons of trunk and 14,8 tons of fronds that are produced after the productive cycle of the plant that lasts an average of 25 years after the first one. The main industrial residues identified are mesocarp, mesocarp fiber, palm kernel (mainly composed of lignocellulosic material) and liquid effluent (composed mostly of water). Several studies have presented a wide variety of applications for these residues, such as polymer composites, nanocellulose, phenolic compounds and numerous other applications provided by the lignocellulosic matrix of these components. The liquid effluent, also known as POME (Palm Oil Mill Effluent), is a focus for better performance in the palm industry. It is estimated that for each ton of oil produced, up to 7.5 tons of water are needed, of which more than 50% are discarded, carrying a large amount of organic matter. Studies present feasible alternatives for the use of this by-product as precursor of organic acids and its use for the growth of microorganisms for the production of biogas. The main use of lignocellulosic compounds today is their use as solid fuel for boilers and green manure, but other conversion methods have been studied for an integral use of this biomass. Both agricultural waste and industrial waste can be harnessed as diverse forms of energy is this biogas, and bioethanol. This project aims at the analysis and characterization of the waste, aiming to find the best use with low cost production for the industries and higher value added.

references

HAMEED, B. H.; EL-KHAIARY, M. I. Batch removal of malachite green from aqueous solutions by adsorption on oil palm trunk fibre: equilibrium isotherms and kinetic studies. **Journal of hazardous materials**, v. 154, n. 1-3, p. 237-244, 2008.

WU, Ta Yeong et al. A holistic approach to managing palm oil mill effluent (POME): Biotechnological advances in the sustainable reuse of POME. **Biotechnology Advances**, v. 27, n. 1, p. 40-52, 2009.

ABNISA, Faisal et al. Utilization possibilities of palm shell as a source of biomass energy in Malaysia by producing bio-oil in pyrolysis process. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1863-1872, 2011.

Keywords – Palm, biomas, by-productsm lignocellulosic

Crescimento e produtividade de cártamo em função da profundidade de semeadura e pressão da roda compactadora

Ricielly Eloyze Rosseto[1], Reginaldo Ferreira Santos[1], Flávio Gurgacz[1], Fernando Kaiser[1], Fernando Luiz da Cruz Balena[1], Doglas Bassegio[1]

[1] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel – PR*

Resumo

Frente a atual busca pelo desenvolvimento e viabilização de novas alternativas de energia renováveis e ambientalmente sustentáveis, as chamadas "culturas energéticas" vêm ganhando destaque no fornecimento de energia através do óleo de suas sementes. O cártamo, com introdução recente no Brasil atrai essa ótica devido às suas propriedades e capacidade no fornecimento de óleo que poderão ser potencialmente utilizados tanto na fabricação de biocombustíveis como na indústria alimentícia. A fim de contribuir com estudos para a viabilização desta cultura no país os quais ainda são carentes no manejo da semeadura, o estudo teve por objetivo avaliar a mecanização da semeadura de um genótipo de cártamo em duas profundidades de semeadura (4,5 e 6,5 cm) e três níveis de cargas aplicadas à roda compactadora na semeadora (117,7; 156,9 e 196,1N) no crescimento e produtividade da cultura durante os estágios de floração e colheita. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial 2 × 3, com quatro repetições. A altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos principais, número de capítulos por planta e plantas por metro no estádio de 50% da floração plena não foram afetados pelas profundidades e pressões da roda compactadora. A produtividade de grãos foi maior em semeadura na profundidade de 4,5 cm, enquanto que em relação ao fator pressão de roda compactadora, maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N.

Palavras-chave. semeadora, semeadura de precisão, culturas energéticas.

Introdução

Já cultivada na maioria dos continentes, a cultura do cártamo vêm ganhando cada vez mais espaço e destaque nas pesquisas pelo mundo, tanto na esfera das culturas com potencial energético, como também nos estudos de óleos para a nutrição humana (SAMANCI; OZKAYNAK, 2003; NOSHEEN et al., 2011; OMIDI et al., 2012). Todo este êxito se deve as propriedades que a semente do cártamo possui, tais como o teor de óleo que pode chegar de 35-50%, com 15-20% de proteína e 35-45% de fibras (NOSHEEN et al., 2011). E aos teores de ácidos graxos, sendo 6-8% de ácido palmítico, 2-3% ácido esteárico, 16-20% de ácido oleico e 71-75% de ácido linoleico (ABUD et al., 2010; SAMANCI; OZKAYNAK, 2003).

Recentemente, estudos vêm sendo realizados no Brasil, a fim de avaliar a adaptação e determinar o manejo adequado para que o cártamo, além de uma nova alternativa para a rotação

dos cultivos, possa se tornar economicamente rentável nas entressafras ou até mesmo nas safras brasileiras (DANTAS et al., 2011; BELLÉ et al., 2012).

Sabe-se que o manejo adequado é um dos elementos que mais podem contribuir para o sucesso da produtividade de uma cultura, podendo ser definido logo no início de sua implantação pelo desempenho da mecanização durante a semeadura. Uma operação de semeadura realizada criteriosamente evitará o surgimento de eventuais problemas os quais só poderão ser vistos após os estádios de germinação e desenvolvimento das plantas e se complicações ocorrerem nestes períodos, dificilmente poderão ser corrigidas, bem como demandarem altos custos e comprometerem a produtividade (MODOLO et al., 2007).

Na operação de semeadura o desempenho de uma semeadora-adubadora é influenciado por todos os componentes da máquina não se restringindo apenas ao mecanismo dosador. Deste modo, a regulagem da profundidade de semeadura, tipo de roda compactadora e pressão aplicada no solo, entre outros componentes, além de variáveis externas, como a umidade do solo e condições climáticas, podem interferir no desempenho das semeadoras. Atuando conjuntamente, tais variáveis podem dificultar o estudo da interação máquina-solo-planta em pesquisas a campo e as conclusões dos estudos podem se tornar inconsistentes se todas essas variáveis não forem levadas em consideração (REIS et al., 2003).

Considerando a escassez da literatura quanto ao manejo do plantio mecanizado do cártamo, o estudo teve por objetivo avaliar parâmetros de crescimento e produtividade em função de duas profundidades de semeadura e três níveis de cargas aplicadas pela roda compactadora sobre o solo impostos na operação de semeadura.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em maio de 2018, em área experimental particular localizada no distrito de Vila Nova, pertencente ao município de Toledo (24°32'38.84"S, longitude 53°47'42.00"O e altitude de 550 m), oeste do Estado do Paraná. A Tabela 1 apresenta as características químicas do solo para a área experimental na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V (%)
($CaCl_2$)	(Mg/dm^3)	---------- $cmol_c/dm^3$ ----------								
5,10	35,2	0,63	8,6	2,3	0,00	6,2	11,6	11,6	17,8	65,2

Em que SB é a soma de bases K+Ca+Mg, t é a CTC efetiva e T é a CTC a pH 7,0, V é a saturação de bases. Análise realizada pelo laboratório Solanálise.

Para a operação de semeadura foi utilizada semeadora-adubadora modelo IMASA 908 de 7 linhas de plantio espaçadas de 0,45 m. Os mecanismos para abertura de sulcos de sementes são do tipo disco duplo e para distribuição de fertilizantes são do tipo facão. O órgão de

recobrimento de sulcos, rodas compactadoras, é constituído por um sistema de duas rodas de metal revestidas com borracha sólida com ângulo "V".

As parcelas experimentais foram constituídas por 3 linhas de 10 m, com espaçamento entre linhas de 0,45 m**.** Foi utilizado um genótipo de cártamo fornecido pelo Instituto Mato-grossense do algodão-IMAmt. O genótipo possui percentual germinativo de 50%, conforme análises laboratoriais previamente realizadas.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 × 3, com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas profundidades de semeadura (4,5 e 6,5 cm) e três cargas de pressão aplicadas sobre o solo pela roda compactadora (117,7; 156,9 e 196,1 N). As cargas foram definidas de acordo com o aumento da tração do sistema de molas existente na semeadora-adubadora, ou seja, para a carga de 117,7 kgf cm^{-2} não foi utilizada nenhuma força de compressão da mola, apenas a carga da roda; carga 156,9 kgf cm^{-2} foi utilizada a primeira regulagem de compressão da mola; carga 196,1 N foi obtida com a segunda regulagem de compressão da mola.

O experimento foi avaliado quando as plantas atingiram 50% da floração, com a coleta de amostras para a realização das análises não destrutivas. A última etapa compreendeu as avaliações do final do ciclo, com a coleta de amostras para os dados de produtividade a partir da colheita e debulha manual das cápsulas. O ciclo teve duração de 160 dias.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

A altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos principais, número de capítulos por planta e plantas por metro no estádio de 50% da floração plena não foram afetados pelas profundidades e pressões da roda compactadora, bem como pela interação dos fatores (Tabela 2).

A produtividade de grãos foi influenciada pelas profundidades e pressões de forma isolada. Maior produtividade de grãos foi obtida para a semeadura na profundidade de 4,5 cm com rendimento de 868 kg ha^{-1} em comparação a semeadura em profundidade de 6,5 cm (Tabela 2). Em relação ao fator pressões de roda compactadora, maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N em comparação com a pressão de 117,7 N, com valores de 725 e 443 kg ha^{-1}, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas, diâmetro de caule, número de ramos (NR), número de capítulos (NC) e plantas por metro no estádio de 50% da floração plena e produtividade de grãos ao final do ciclo em função de profundidades e pressões da roda compactadora na semeadura.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	NR (№)	NC (№)	Plantas por m	Produtividade (kg ha^{-1})
Profundidade (cm)						
4,5	134,4	13,0	7,12	11,35	6,7	868 a
6,5	133,5	13,1	7,14	12,22	6,0	341 b
Pressão (N)						
117,7	134,3	13,1	7,03	12,41	5,6	443 b
156,9	133,2	12,9	6,93	10,41	6,5	645 ab
196,1	134,4	13,2	7,43	11,37	6,8	725 a
Teste F	——————Probabilidade de F——————					
Profundidade (A)	0,7039	0,8925	0,9656	0,5598	0,2032	0,0002
Pressão (B)	0,9104	0,9257	0,6662	0,5533	0,2775	0,0355
A × B	0,0686	0,8229	0,6662	0,1945	0,7222	0,0948
CV (%)	4,54	10,43	16,65	30,21	24,40	45,6

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância.

A visibilidade de diferença estatística na variável produtividade em relação a profundidade de semeadura 4,5 cm pode estar atrelada ao fato de que esta configuração de profundidade amenizou os efeitos do baixo vigor das sementes, identificados no estádio de emergência e promoveu o crescimento das plântulas. Menores profundidades de semeadura permitem que plântulas emerjam com menor gasto de energia, resultando em plantas mais fortes (ZUO et al., 2017).

A existência de diferença estatística na variável produtividade pode estar relacionada ao fato de que maiores cargas impostas pela roda compactadora, de acordo com as condições físicas e umidade do solo no momento da semeadura, favoreceram o processo de crescimento do cártamo. Conforme Cortez, Carvalho Filho e Silva (2004), a compactação adequada pelas rodas compactadoras eleva a permeabilidade do solo, maximiza a condução de água e absorção de nutrientes na zona radicular.

Deste modo, para o presente estudo, supõem-se que o sistema de preparo tenha mobilizado o solo e alterado superficialmente sua estrutura, pelo fraturamento dos agregados e desenvolvimento de poros. Em um segundo momento, para as fases de crescimento das plantas de cártamo, a compactação exercida pela semeadora na maior tensão de carga aplicada pelas rodas compactadoras, favoreceu o melhoramento da estrutura do solo anteriormente desestruturado, diminuiu a macroporosidade excessiva e aumentou a densidade que nestas condições afetaria a disponibilidade de água às plantas temporalmente. Assim, contribuiu para

a redução da rápida perda de água no solo no período de déficit hídrico, registrado no decorrer da fase de pré-florecimento.
A baixa produtividade da cultura pode estar relacionada a um período de veranico ocorrido entre os meses de julho a agosto, período que coincidiu com os estádios de pré-floração e formação dos capítulos. Conforme os dados do SIMEPAR (2018) o regime pluviométrico entre estes dois meses ficou abaixo dos 100 mm o qual não atendeu o mínimo exigido para a cultura do cártamo antes da floração de 300 mm de chuva (OYEN; UMALI, 2007).

Conclusões

A altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos principais, número de capítulos por planta e plantas por metro no estádio de 50% da floração plena não foram afetados pelas profundidades e pressões da roda compactadora.

A produtividade de grãos foi maior em semeadura na profundidade de 4,5 cm, enquanto que, em relação ao fator pressão de roda compactadora, maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N.

Referências Bibliográficas

ABUD, H. F. et al. 2010. Emergência e desenvolvimento de plântula de cártamos em função do tamanho das sementes. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 95-99.

BELLÉ, R. A. et al. 2012. Safflower grown in different sowing dates and plant densities. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2145-2152.

CORTEZ, J.W.; CARVALHO FILHO, A.; SILVA. R.P. 2004. Plantadeiras: adensamento. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 35, p. 14-16.

DANTAS, C. V. S. et al. 2011. Influência da sanidade e déficit hídrico na germinação de sementes de Carthamus tinctorius L. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 33, n. 3 p. 574 – 582.

EMBRAPA, 2014. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, Brasília, DF: Embrapa, 4ed.

FERREIRA, D. F. 2011. Sisvar: Um Sistema Computacional de Análise Estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042.

MODOLO, A. J. et al. 2007. Efeito do teor de água do solo e da carga aplicada pela roda compactadora na velocidade de emergência da soja. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 29, p. 587-592.

NOSHEEN, A. et al. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on root morphology of Safflower (Carthamus tinctorius L.). *African Journal of Biotechnology*, Africa, v. 10. n. 59, p. 12639-12649.

OMIDI, A. H. et al. 2012. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (Carthamus tinctorius L.). *Turkish Journal of Field Crops*, Turkey, v. 17, n.1, p.10-15.

OYEN, L. P. A.; UMALI, B. E. 2007. Carthamus tinctorius L. In: HAM, V. D. V.; MKAMILO, G. S. (Editores). Prota 14: Óleos vegetais / oléagineux. [CD-ROM]. PROTA, Wageningen, Holanda.

REIS, E.F. et al. 2003. Influência de mecanismos rompedores de solo no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto. Revista Ciências Técnicas Agropecuárias, Cuba, v. 12, p. 1-6.

SAMANCI, B.; O¨ ZKAYNAK, E. 2003. Effect of Planting Date on Seed Yield, Oil Content and Fatty Acid Composition of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars Grown in the Mediterranean Region of Turkey. J. *Agronomy & Crop Science*, Berlin, n. 189, p. 359-360.

SIMEPAR. 2018. Sistema Meteorologico do Paraná.

ZUO, Q. et al. 2017. The effect of sowing depth and soil compaction on the growth and yield of rapeseed in rice straw returning field. Field Crops Research, China, v. 203, p. 47–54.

Desarrollo de nuevas variedades de *Jatropha curcas* L. en México para la producción de biodiesel

Biaani Beeu Martínez Valencia[1], José Luis Solís Bonilla[2], Héctor Rómulo Rico Ponce[3], Guillermo López Guillen[4], Alfredo Zamarripa Colmenero[5]

[1]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Rosario Izapa-CIRPAS, Tuxtla Chico, Chiapas, México. martinez.biaani@inifap.gob.mx.*

[2]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Rosario Izapa-CIRPAS. Tuxtla Chico, Chiapas, México.*

[3]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Valle de Apatzingan-CIRPAC. Apatzingán, Michoacán, México.*

[4]*Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), C.E. Rosario Izapa-CIRPAS. Tuxtla Chico, Chiapas, México.*

[5]*Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Ciudad de México, México.*

Resumo

El objetivo de este trabajo es presentar los estudios realizados en México sobre la generación de nuevas variedades de *Jatropha curcas* L. para satisfacer la demanda del sector agroindustrial de aceite y/o biocombustibles. Se establecieron ensayos clonales en cuatro ambientes tropicales de México basados en genotipos seleccionados de acuerdo con sus características agronómicas e industriales. Los principales criterios de selección abordados fueron: rendimiento de grano, contenido de aceite, características generales de crecimiento y la presencia de flores femeninas. *J. curcas* presentó una gran variación en el rendimiento a lo largo de los años con varios tipos de comportamiento, los mejores genotipos de los ensayos clonales fueron dos clones con 100% de flores femeninas y un clon con predominio de flores masculinas y con presencia de flores femeninas. El contenido de aceite, la composición de ácidos grasos y las características fisicoquímicas fueron evaluados en base a su rendimiento, resultando con contenidos de aceite entre 48.3% y 56.8%. El aceite de *J. curcas* tiene mayor presencia de ácidos grasos insaturados principalmente ácido oleico (21.5-39.7%) y ácido linoleico (29.2-46.7%). Los clones con 100% de flores femeninas se registraron con los nombres "Gran Victoria" y "Doña Aurelia", mientras que la variedad clonal con la mayor proporción de flores masculinas registrada como “Don Rafael” se usa como polinizador para las dos variedades femeninas.

Palavras-chave. Piñón mexicano, mejoramiento genético, biocombustibles.

Introdução

La creciente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ha fomentado el interés en las fuentes de energía renovables, en general, y en la producción de bioenergía líquida a partir de semillas oleaginosas. El biodiesel es considerado como una fuente renovable de combustible no tóxico que puede producirse a partir de una amplia gama de

materias primas oleaginosas no comestibles (SOLIS et. al., 2019). México tiene una alta demanda de biodiesel para su uso en la industria del petróleo, en el transporte aéreo y en el terrestre. Actualmente la demanda anual supera los 50 millones de litros y se estima que para el 2020 sea alrededor de los 1000 millones de litros (ZAMARRIPA et. al., 2013a).

Jatropha curcas L. se ha convertido en un cultivo de interés industrial ya que el aceite producido por este cultivo puede transformarse fácilmente en biocombustible líquido el cual cumple con los estándares de calidad estadounidenses y europeos mediante transesterificación (AZAM et. al., 2005; TIWARI et. al., 2007). Además, el aceite de *J. curcas* también se puede utilizar para productos alternativos, como jabón, velas, barniz, lubricante, aceite hidráulico, aceite dieléctrico, bio-reductores, insecticida, fungicida y nematicida (ADEBOWALE Y ADEDIRE, 2006; SHANKER Y DHYANI, 2006).

J. curcas ha sido considerado una de las alternativas viables para la producción de biodiesel en México. Sin embargo, la falta de variedades mejoradas de alto rendimiento de grano y de aceite, constituye entre otras, una de las principales limitantes de dicho cultivo. En el contexto de dicha problemática, por parte del INIFAP se ha trabajado en la búsqueda y desarrollo de variedades con características deseables (ZAMARRIPA et. al., 2013 b).

El fitomejoramiento utiliza enfoques multidisciplinarios para mejorar el potencial genético de las plantas. Se considera una estrategia económica eficiente y sostenible para enfrentar los desafíos agronómicos, como la baja producción y las limitaciones bióticas o abióticas (SOLIS et. al., 2019). El proceso implica la combinación de plantas superiores para obtener la próxima generación con características mejoradas. Las plantas se mejoran para alimentos, combustibles y una gran variedad de otras características útiles para las actividades humanas. Se pueden esperar variaciones genéticas considerables en el crecimiento, la composición química y las características de las semillas según su procedencia, variedad o progenie, particularmente en especies cruzadas, como Jatropha y Acacia, que se usan ampliamente en sistemas agroforestales en todo el mundo (KAUSHIK et. al., 2007). La variación genética es útil como fuente de selección genética futura siempre que los tipos deseados para los sistemas agroforestales estén claramente definidos (CANNEL, 1982; BURLEY et. al., 1984). Según Zamarripa y Pecina (2017), el mejoramiento genético puede ser exitoso si comienza con un proceso de selección que contiene una alta variabilidad genética que permite identificar genotipos y genes que regulan los rasgos agronómicos e industriales de interés.

El Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) en la actualidad cuenta con más de 422 accesiones de *J. curcas* de las cuales 400 son tóxicas y 22 no tóxicas recolectadas en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Morelos, Jalisco, Guanajuato, Puebla, Tamaulipas, Colima y Yucatán, que han formado la base para estudiar la diversidad genética y la adquisición de materiales de élite evaluados en diferentes regiones del país. Esta colección se estableció en un Banco Nacional de Germoplasma en campo en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, que cuenta con una temperatura promedio de 26 °C, una altitud de 420 msnmm. y una precipitación anual de 4700 mm (Zamarripa et. al., 2012a). En este contexto, se presentarán los avances en el desarrollo de nuevas variedades de *J. curcas* obtenidas de la gran diversidad de recursos genéticos existentes en la parte sur de México.

Material e Métodos

El INIFAP ha llevado a cabo trabajos de investigación enfocados a los insumos para la producción de biocombustibles entre ellos *Jatropha curcas*; se estableció un programa de mejoramiento genético que incluye la selección de materiales, con base en el comportamiento agronómico y bioquímico de diversos genotipos. Estos trabajos se han efectuado a lo largo de varios años y en diversos agros ambientes. El método de mejoramiento utilizado para obtener estas variedades fue de selección clonal. Este método ha sido utilizado con éxito en muchas especies como el café, cacao, caña de azúcar, mandioca (MONTAGNON, 2000; RESENDE Y BARBOSA, 2005; CUETO et. al., 2007). La selección varietal se inició con la caracterización morfológica, agronómica, bioquímica y genética de más de 1600 plantas de Jatropha establecidas en la colección nacional de germoplasma de nueve estados del sur de México (Zamarripa et. al., 2012). Los estudios fenotípicos y selección de individuos sobresalientes por alguno carácter determinado se realizaron durante los años 2008 a 2010. Basado en características agronómicas e industriales, genotipos promisorios fueron seleccionados y se establecieron ensayos de variedades en cuatro ambientes de México, para evaluar el comportamiento agronómico. Los principales criterios de selección utilizados. fueron rendimiento de grano (kg), contenido de aceite (%), hábito de crecimiento y alta presencia de flores femeninas. Estos materiales genéticos se valoraron por un periodo de evaluación y selección de más de 8 años.

Resultados e discussão

Se cuenta con el clon “Don Rafael” de alta capacidad polinizadora para uso en sistema intercalado con los clones femeninos “Gran Victoria” y “Doña Aurelia” también desarrollados por el INIFAP. De esta forma se incrementa hasta en 1200% el rendimiento de grano y aceite en comparación al promedio actual de las plantaciones de un año. El clon “Don Rafael” es de tamaño intermedio, porte erecto y con ramificación intermedia, tiene en promedio 20 flores masculinas por cada flor femenina, presenta alto rendimiento de grano de 0.9 t ha^{-1} al cuarto año de producción, contenido de aceite de 51.0 % con porcentaje de ácido oleico del 22 % y ácido linoleico del 38 %. “Doña Aurelia” es de tamaño intermedio, con copa abierta y abundante ramificación con flores 100 % femeninas, con rendimiento de grano de 1.1 t ha^{-1} al cuarto año del cultivo, contenido de aceite de 53.44 % con porcentaje de ácido oleico del 30 % y ácido linoleico del 32 %. “Gran Victoria” es de tamaño intermedio, con copa abierta y abundante ramificación, posee flores 100 % femeninas, rendimiento de grano de 1.9 t ha^{-1} al cuarto año de producción, contenido de aceite de 53.43 % con porcentaje de ácido oleico del 33 % y ácido linoleico del 40 %.

Figura 1. Aplicación de la tecnología generada por INIFAP

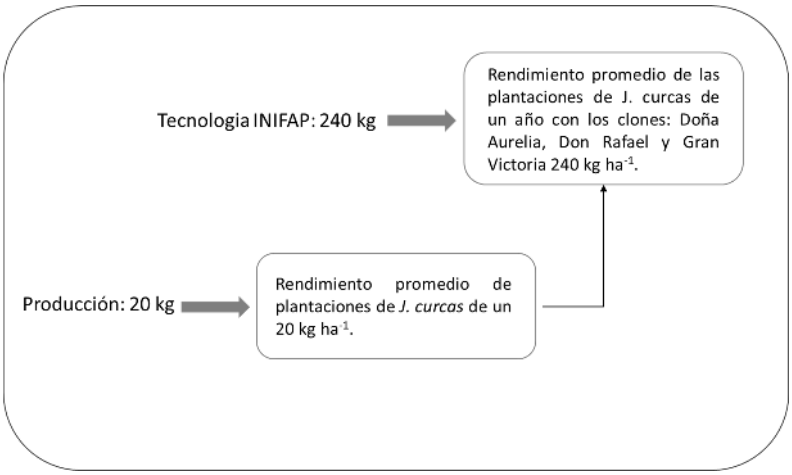
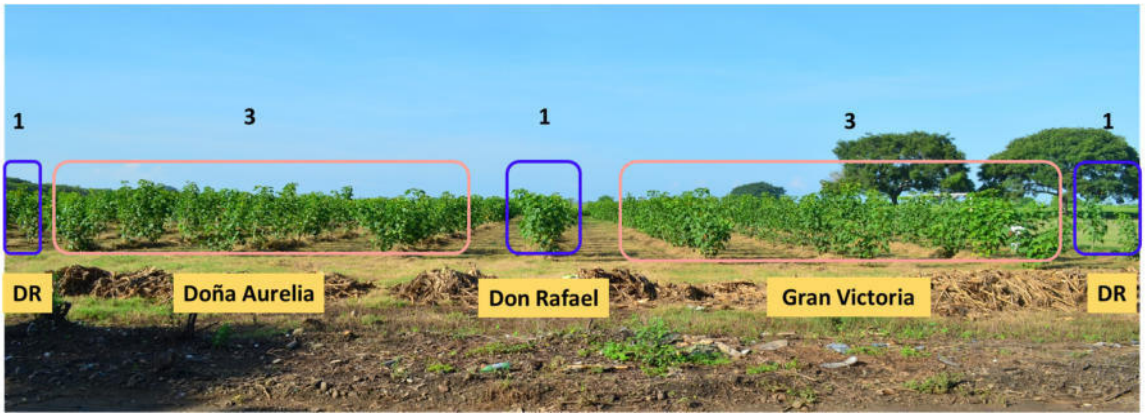


Figura 3. Sistema intercalado de las variedades clonales



Conclusões

El uso del clon don Rafael en sistema intercalado con los clones femeninos Doña Aurelia y Gran Victoria en marco de plantación de 3 m entre surco x 2 m entre planta permite obtener hasta 12 veces más rendimiento de grano con respecto a los obtenidos por los materiales del producto en el primer año del cultivo. Actualmente, se cuentan con lotes de multiplicación (jardines clonales) en cuatro Campos Experimentales del INIFAP: C.E. Rosario Izapa, en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas; C. E. Valle de Apatzingán, en Michoacán, C. E. Las Huastecas, en el municipio de Altamira, Tamaulipas y, C. E. Mococha, en el municipio de Uxmal, Yucatán, disponibles para los productores y empresas que estén interesadas en la producción y comercialización insumos para la producción de bicombustibles.

Agradecimentos

A la SAGARPA y al INIFAP por su interés y apoyo para el establecimiento y desarrollo de los trabajos de investigación en cultivos bioenergéticos en México.

Referências Bibliográficas

ADEBOWALE, K.O., ADEDIRE, C.O. (2006). Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *African Journal Biotechnology*. V.5. N. 10, pp.901-906.

AZAM, M.M., WARIS, A., NAHAR, N.M. (2005). Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass Bioenergy*. V.29. N. 4, pp. 293-302.

BURLEY, J., HUXLEY, P.A., OWINO, F. (1984). Design, management and assessment of species, provenance and breeding trials of multipurpose trees. *Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees.* Commonwealth Forestry Institute, Oxford, pp 70-80.

CANNELL, M.G.R. (1982). Crop and isolation ideotypes evidence for progeny differences in nursery grown *Picea sitchensis*. *Silvae Genetic*. V.31. N.3. pp 60-66.

KAUSHIK, N., KUMAR, K., KUMAR, S. (2007). Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of Jatropha (*Jatropha curcas L.*) accessions. *Biomass Bioenergy*. V. 31. N.7, pp 497-502.

SHANKER, C., DHYANI S.K. (2006). Insect pests of Jatropha curcas L. and the potential for their management. *Current Science.* V. 91. N.2, pp. 162-163.

SOLIS, B.J.L., Martinez, V.B.B., LOPEZ, G.G., ZAMARRIPA, C.A. (2019). Genetic Resources and Advances in the Development of New Varieties of Jatropha curcas L. in México. *Jatropha, Challenges for a New Energy Crop Volume 3: A Sustainable Multipurpose Crop*. Springer, pp. 29-44.

TIWARI, A.K., KUMAR, A., RAHEMAN., H. (2007). Biodiesel production from *Jatropha curcas* with high free fatty acids: an optimized process. *Biomass Bioenergy*. V.31 N.8, pp. 569-575.

ZAMARRIPA, C.A., PECINA, Q.V. (2017). New clonal varieties of Jatropha. *The Jatropha genome*. Springer, Cham, pp 275-288.

ZAMARRIPA, C. A., Solís, B. J. L. (2013a). Estado del arte y novedades de la bioenergía en México. *La bioenergía en América Latina y El Caribe.* El estado de arte en países seleccionados. Oficina regional para América Latina y el Caribe. RLC. ONU. Santiago de Chile, Chile. p. 277-311.

ZAMARRIPA, C. A., SOLIS, B. J. L. (2013b). *Jatropha curcas L. Alternativa bioenergética en México*. INIFAP. pp. 5-157.

ZAMARRIPA, C.A., SOLÍS, B.J.L., IRACHETA, D.L. (2012). Mejoramiento de insumos agropecuarios para la producción de biocombustibles. *Informe final.* Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México.

Efeito da compactação do solo na germinação de *Eragrostis plana* Nees em Latossolo Vermelho Distroférrico

Suelen Fernanda Müller[1], Letícia Sequinatto[2], Josie Moraes Mota[3], Gustavo Eduardo Pereira[3], Lucas Raimundo Rauber[3], Beatriz Medeiros Macedo[3].

[1]*Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, email: sufmuller@gmail.com*

[2] *Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina,*

[3] *Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina*

Resumo

O capim-annoni (Eragrostis plana Nees) é uma espécie invasora exótica que ameaça a biodiversidade dos Campos Sulinos, somente no bioma Pampa ocupa cerca de 20% das pastagens nativas o que torna necessária a adoção de técnicas para prevenção e controle à invasão. A espécie é originária da África do Sul onde é encontrada em ambientes com solos pobres e compactados. O aumento da densidade ocasiona redução da porosidade total, macroporosidade, capacidade de infiltração de água e aumenta a resistência a penetração dos solos. O valor crítico de densidade do solo que restringe o crescimento de plantas varia de acordo com a classe textural dos solos, as quais apresentam diferentes limites críticos de densidade máxima. O objetivo do presente estudo foi avaliar, o comportamento de sementes de capim-annoni em solo com classe textural muito argilosa, submetido a diferentes níveis de compactação (70, 85 e 100% da densidade máxima). Para o preenchimento dos vasos foram utilizadas amostras de Latossolo Vermelho Distroférrico, coletado na região de Vacaria, Rio Grande do Sul e submetido a diferentes níveis de compactação através do ensaio de Proctor com 560 kPa, padronizado pela ABNT (NBR 7182/86). Para determinação da umidade de compactação necessária para o solo atingir 70% e 85% da densidade máxima foi utilizada a seguinte curva quadrática: $y=-41{,}519x^2 + 21{,}342x - 1{,}1628$ em que x representa a umidade gravimétrica e y a densidade do solo. A germinação do capim-annoni não diferiu entre os diferentes níveis de compactação. O percentual de germinação para os níveis de 70, 85 e 100% de compactação foram de 63, 81 e 66%, respectivamente. A densidade do solo com 100% de compactação foi de 1,58 g cm^{-3}, superior ao valor crítico de referência para solos argilosos (1,45 g cm^{-3}) porém não reduziu significativamente o percentual de germinação. Isto pode estar relacionado a elevada capacidade de adaptação da espécie, o que favorece a germinação e crescimento inicial em a ambientes extremamente compactados. Perdas na qualidade física do solo pouco prejudicam a germinação do capim-annoni, o que preocupa devido ao aumento progressivo nas áreas degradadas no sul do Brasil. O ponto fundamental para o controle da espécie é fornecer as plantas nativas ou cultivadas condições favoráveis para competir com o capim-annoni como manutenção da vegetação nativa, aumento do aporte de matéria orgânica, recuperação de áreas degradas, utilização de práticas conservacionistas, dentre outras.

Palavras-chave. *Biodiversidade, Controle mecânico, Plantas invasoras, Proctor.*

EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO AÉREO E RADICULAR DA CANOLA *(Brassica napus)*

Geovanny Broetto Besinella[1], Daniel Sena Marins[1], Joyce Bueno Mafra[1]; Amauri Ghellere Garcia Miranda[1]; Reginaldo Ferreira Santos[1]

[1]Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA
e-mail: engamb.geo@hotmail.com

RESUMO: A Canola é uma espécie com potencial de uso como matéria-prima na produção de biodiesel. A compactação ou aumento da densidade do solo pode limitar o crescimento e desenvolvimento da parte aérea e das raízes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento aéreo e radicular da Canola (*Brassica napus*) submetidas a cinco níveis de compactação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), em Cascavel, PR. As coordenadas geográficas próximas do local são 24º 57' 21'' de latitude ao sul e 53º 27' 19'' de longitude a oeste de Greenwich, em altitude de 781 metros. O experimento foi instalado em cultivo protegido, em Latossolo Vermelho escuro de textura média. As colunas de PVC sobrepostos com três divisões (inferior, compactada e superior), onde apenas o solo da parte central foi compactado. Os níveis de compactação dos cilindros seguiram as seguintes densidades de 1,00, 1,10, 1,20, 1,30 e 1,40 kg m^{-3}. No término do período do experimento, 60 dias, as plantas serão colhidas e análises de germinação, área folhar, tamanho e penetração da raiz serão conduzidas. Desta forma, a variação entre o desenvolvimento de uma mesma cultura poderá ser avaliada quando plantada em diferentes níveis de compactação do solo.

Palavras-chave. Sistema radicular, oleaginosa, densidade do solo.

EFEITOS DA DENSIDADE DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO DO NABO FORRAGEIRO

(*Raphanus sativus* L. var *oleiferus Metzg*)

Joyce Bueno Mafra[1]; Daniel Sena Marins[1]; Geovanny Broetto Besinella[1]; Amauri Ghellere Garcia Miranda[1]; Reginaldo Ferreira Santos[1]

[1] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel-PR, Brasil. Autor correspondente: joyce_bueno.mafra@hotmail.com*

Resumo

A compactação do solo é um problema comum nas lavouras e tem influência direta no desenvolvimento das mesmas, consequentemente na sua produtividade, sendo esse um assunto tema de diversos trabalhos, atualmente o sistema de manejo visa a proteção da estrutura do solo, sendo o nabo forrageiro cultura utilizada como rotação de cultura e adubo verde. Considerando o solo como um corpo natural organizado, com características físicas e químicas, sua macro e microestrutura, resultando em uma porosidade, na qual permite o armazenamento de água e aeração do solo, possibilitando o desenvolvimento das culturas (Silva et al., 2015). A modernização da agricultura, por meio da mecanização, trouxe facilidades ao homem, possibilitando um trabalho mais rápido e eficiente. Com o decorrer dos tempos, a tecnologia das máquinas aumentou seu tamanho e seu peso, assim otimizando o trabalho no campo, mas ocasionando um grande problema, a compactação do solo, dificultando o desenvolvimento das culturas agrícolas (SUZUKI, 2005). O presente trabalho teve por objetivo analisar o efeito da compactação do solo no desenvolvimento do nabo forrageiro (Raphanus sativus L. var oleiferus Metzg), o experimento foi realizado em campo, na cidade de Cascavel – PR (latitude: 24°57'21"S, longitude: 53°27'19" W). Para a realização do experimento foram coletadas amostras de solo, a uma profundidade de 20 cm da superfície. Na montagem do experimento foi utilizado uma tubulação PVC (Policloreto de Vinila) com 200 mm de diâmetro, subdivididos em três alturas diferentes, formando três anéis sobrepostos (superior 10 cm, central 5 cm e inferior 20 cm). Cada anel foi preenchido com amostras de solo, sendo que apenas o anel central foi compactado. No cálculo da densidade do anel compactado foi realizado a pesagem da amostra, e medido o volume do anel resultando da densidade do mesmo.. Assim resultando em cinco níveis de compactação: 1,00;1,10;1,20;1,30 e 1,40 Mg m^{-3}. Cada tratamento construiu-se de quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Em cada coluna foram semeadas cinco semente de nabo forrageiro, foram analisados comprimento aéreo, comprimento radicular, diâmetro da raiz, diâmetro do caule e massa fresca. Os resultados obtidos foram que nos tratamentos 1,00 e 1,10 a cultura obteve melhor desenvolvimento da parte aérea e radicular, nos tratamentos 1,20;1,30 e 1,40 a cultura teve desenvolvimento igual sem diferença significativa. Conclui-se que as amostras da cultura submetida a maior nível de compactação obtiveram desenvolvimento da parte aérea e radicular inferior as amostras submetidas a um menor nível de compactação, considerando 5% de significância.

Palavras-chave: *Compactação, latossolo, massa seca.*

SILVA, J. T. A.; SIMÃO, F. R.; ALVES, J. J. M. **Desenvolvimento vegetativo e produção do pinhão-manso em resposta à adubação fosfatada.** Revista Ceres. 2015; 62:3:319-322. doi:10.1590/0034-737X201562030012.

SUZUKI, LUIZ EDUARDO AKIYOUSHI SANCHES, **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas** – Santa Maria, 2015. 149 f.;il.

Effect of Additive over the High Heating Value of Pellets, Produzed from Different Biomass

Fabricio Junki. Blanco Kumabe[1], Fernando Jesus Nogara Lisboa[2], Ivana Cesarino[3], Alcides Lopes Leão[3]

[1] *Department of Bioprocess and Biotechnology, São Paulo State University (UNESP)/FCA, Botucatu, São Paulo, Brazil. e-mail:kumabe.fjb@icloud.com*

[2,] *Department of Forest Science, São Paulo State University (UNESP)/FCA, Botucatu, São Paulo, Brazil*

[3.] *Department of Bioprocess and Biotechnology, São Paulo State University (UNESP)/FCA, Botucatu, São Paulo, Brazil.*

Abstract

The production of energy renewable sources, clean and cheap, along with the urgency of maximizing energetic resources, puts the biomass on the focus of the worldwide researchers for the production of energy by using wastes[1]. Among the renewable energy resources, the group for lignocellulosic biomass, where the forest and agroindustry wastes are included, has become the target of several studies[2]. This kind of wastes can be converted into energy by several different forms like, for example, the generation of heat by combustion. In the process of combustion, the biomass can be used in natura or compacted, densified in the shape of pellets[3]. Considering that the highest the energy released, the higher will be the energetic quality of the pellets, adding some additives for this use can be potentially favourable. According to this, the aim of this study was to evaluate the effect of adding Kraft lignin targeting a higher heating value properties of the pellets. For production of the pellets it was used the following biomasses: Eucalyptus bark, coffee husk, rice husk, elephant grass, titica vine and bamboo. The pellets were produced in a laboratory pilot-scale pelletizer, with maximum load of 400kg/hour and some variations on the production processes according to the physical properties of each material. Both biomass and additives were mixed manually, being the additive added in the ratio of 5%, based on the dry weight of the biomass. According to the results, for all the different biomass studied, adding Kraft lignin had a positive effect over the higher heating value of the pellets. The values for higher heating varies between 11 and 22% when compared to those without additives.

Palavras-chaves: waste, lignocelullosics, pellets, biofuel.

Referências

[1]SPANHOL, A.; NONES, D. L.; KUMABE, F. J. B.; BRAND, M. A. Qualidade dos pellets de biomassa florestal produzidos em santa catarina para a geração de energia. **Floresta**, v. 45, p. 833-844, 2015. Disponível em: http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/37950. Doi: 10.5380/rf.v45i4.37950. 833

[2]BRAND, M.A. **Energia De Biomassa Florestal**. Rio de Janeiro: Interciência. 2010. 114 p.
[3]TRØMBORG, E.; RANTA, T.; SCHWEINLE, J.; SOLBERG, B.; SKJEVRAK, G.; TIFANNY, D. G. Economic sustainability for wood pellets production e a comparative study between finland, germany, norway, sweden and the us. **Biomass and Bioenergy**, v.57, p. 68-77, 2013. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/s0961953413000457. Doi:10.1016/j.biombioe.2013.01.030

EMERGÊNCIA, CRESCIMENTO INICIAL E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE CÁRTAMO

Claudia Luiza Maziero[1], Reginaldo Ferreira Santos[2], Doglas Bassegio[3], Cristiano Fernando Lewandoski[4], Paulo de Lima Bueno[5]

[1] *Departamento de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, Paraná, Brasil. Email: claudiamaziero@hotmail.com*

Resumo

Os cultivares de cártamo podem ser opções de cultivo, devido à limitada melhoria em cultivares comercialmente cultivadas e registradas no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial e o desempenho agronômico de cultivares norte-americanas de cártamo no Brasil. O experimento foi realizado no CDTER – Centro de Desenvolvimento e Difusão Tecnológico em Energias Renováveis, na Fundetec em Cascavel-PR, num Latossolo Vermelho Distrófico, em blocos ao acaso, com seis cultivares (C1, C2, C3, C4, C5, C6) e seis repetições. Aos 15 DAE (dias após a emergência) determinou-se a porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência, o tempo médio de germinação e a velocidade média de emergência. Aos 30 DAE, a altura das plantas e o diâmetro do caule, o número de folhas por planta, bem como a massa fresca e seca da planta. No florescimento foi determinada a altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos e número de capítulos. Na colheita foram determinadas a população final de plantas, rendimento de grãos e massa de capítulos, peso de 100 grãos, teor de óleo e proteína. A cultivar C1 se destacou em relação ao crescimento inicial, com maior emergência e índice de velocidade de emergência. Aos 30 dias após a emergência as cultivares não diferiram em relação ao acúmulo de massa seca e número de folhas. No florescimento as cultivares C6 e C3 apresentaram maior acúmulo de massa seca de planta e raiz, além de maior número folhas, ramos e capítulos. As cultivares C5 e C4 presentaram maior produtividade de grãos, enquanto que as cultivares C2 e C6 maior teor de óleo e a cultivar C1 maior teor de proteína.

Palavras-chave. *Carthamus tinctorius L.*; oleaginosa; inverno.

Introdução

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma oleaginosa anual da família das Asteraceae, que pode ser alternativa em sistemas de produção em outono-inverno para rotação de culturas por possuir certa tolerância a seca (SANTOS et al., 2017) e compactação do solo (SARTO et al., 2018). A cultura possui potencial produtivo, fácil adaptabilidade e boa desenvoltura em solos argilosos e arenosos (SANTOS et al., 2015). Assim o cártamo aparece como uma opção de planta energética por ser uma espécie com alto teor de óleo (DORDAS; SIOULAS, 2008).

A espécie possui alto potencial de cultivo, mesmo sob condições ambientais adversas (DANTAS et al., 2011). No entanto, a área plantada de cártamo é limitada em grande parte do mundo devido à falta de informações sobre seu manejo. O ciclo de cultivo desta em seu centro de origem pode chegar a 240 dias, o que pode limitar seu uso em regiões agrícolas tropicais, devido a produção das culturas tradicionais. Seu cultivo precisa ser testado para que sua adaptação, rendimento de sementes e qualidade do óleo sejam conhecidos.

Apesar dessa planta já ter sido estudada no Sul do Brasil há mais de uma década, especialmente para produção de flores ornamentais (BELLÉ et al., 2012), existem poucas cultivares de cártamo registradas no Sistema Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC.No sistema de produção atual do Sul, a principal cultura de verão é a soja, logo após entre os meses de janeiro e abril inicia-se a segunda safra ou safra de inverno, denominada "safrinha". Além de o cártamo ser alternativa para a safra de inverno, a tolerância da espécie para geadas posiciona o cártamo para safra de inverno tardia, entre os meses de março a abril, onde o risco com geadas dificulta o cultivo de milho.

Em cultivo de inverno já foram observadas produtividades superiores a 2000 kg ha^{-1} para cultivares nacionais de cártamo (IAPAR e IMAmt) na região Sudeste do Brasil (SANTOS et al., 2017; SANTOS et al., 2018) e Sul (SAMPAIO et al., 2016; SAMPAIO et al., 2017; ZANÃO JÚNIOR et al., 2017). O Brasil apresenta condições climáticas promissoras para o cultivo do cártamo no inverno, no entanto há necessidade de seleção de espécies e cultivares para aumentar a produtividade da espécie no Brasil.

As cultivares comerciais de cártamo não foram cultivadas em condições tropicais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a emergência, crescimento inicial e componentes de produção de cultivares norte-americanas de cártamo no Brasil na safra de inverno.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no CDTER – Centro de Desenvolvimento e Difusão Tecnológico em Energias Renováveis, na área experimental da Fundetec (Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Município de Cascavel), Paraná, Brasil (latitude 25º00'24"S, longitude 53º17'09"W e altitude de 802 m). O clima é considerado Cfa (clima subtropical), com precipitação média anual superior a 1800 mm, sem estação seca definida, com possibilidade de geadas durante o inverno. As informações meteorológicas durante a condução do experimento estão apresentadas na Figura 1.

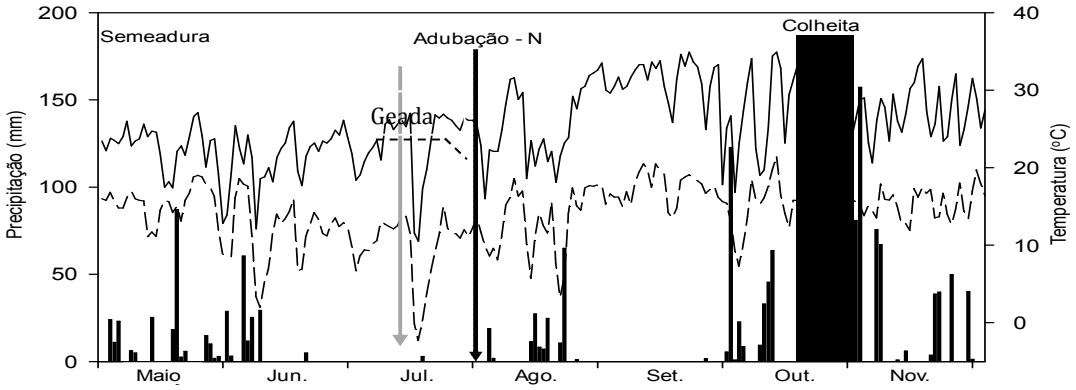


Figura 1. Precipitação e temperatura máxima e mínina durante o cultivo de cártamo em Cascavel, PR, Brasil, no ano de 2017.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SILVA et al., 2013). A análise química revelou pH 447 em $CaCl_2$ (001 mol L^{-1}); 50 g dm^{-3} de matéria orgânica; 28 mg dm^{-3} P (Mehlich 1); 037 $cmol_c$ dm^{-3} de K^+; 41 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca^{2+}; 15 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg^{2+}; 148 $cmol_c$ dm^{-3} de capacidade de troca de cations (CTC) e 40% de saturação por bases (V%).

3.2. Instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado no dia 12 de maio de 2017 no sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. Cada parcela foi constituída por sete linhas de 6 m, com espaçamento entre as linhas de 0,45m. Os tratamentos foram compostos por seis cultivares norte-americanas de cártamo (C1, C2, C3, C4, C5, C6).

Para a implantação do experimento, foi realizada a limpeza da área com 950 g i.a. ha^{-1} de glifosato. A semeadura foi mecânica, com utilização de uma semeadora adubadora, regulada para 32 sementes por metro. A adubação no dia do plantio foi de 130 kg ha^{-1} do formulado 8–20–20. Foi aplicado no dia 08 de maio herbicida pré-emergente Metolacloro na dosagem de 960 g i.a ha^{-1}. O controle de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi realizado periodicamente de forma manual. Em 1º de agosto de 2017, foi realizada adubação nitrogenada de cobertura com 170 kg ha^{-1} com ureia encapsulada (45% N). Não foram utilizados sistemas de irrigação em nenhuma etapa do experimento, pois certamente essa será a condição que a cultura será submetida quando for cultivada em escala comercial. A colheita das cultivares de cártamo foi realizada de forma manual.

Figura 2. Plantio em 12 maio 2017.

Figura 3. Limpeza da área experimental.

3.3. Parâmetros avaliados

Para avaliação do crescimento inicial, foram coletados os dados até o 15 DAE (dias após a emergência), para posteriormente determinar a porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de germinação e velocidade média de emergência (Figura 4). A percentagem de emergência, tempo média de emergência e velocidade média de emergência foram calculados conforme Labouriau e Valadares (1976). O índice de velocidade de emergência foi determinado pelo somatório do número de plântulas normais emergidas diariamente e dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

- **Porcentagem de emergência (E):** expressa em porcentagem (%).

$$E = \frac{\text{nº de sementes emergidas}}{\text{total de sementes}} \times 100$$

- **Índice de velocidade de emergência (IVE):** o qual foi proposto por Maguire (1962), expressa em sementes/dia.

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots \frac{E_n}{N_n}$$

Em que:

E_1, E_2... E_n: número de plântulas normais contabilizadas, na primeira, segunda e última contagem.

N_1, N_2... N_n: número de dias da semeadura, na primeira, segunda e última.

- **Tempo médio de emergência (TME):** de acordo com Laboriau e Valadares (1976), expressa em dias.

$$TMG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

Em que: n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem; t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem.

- **Velocidade média de emergência (VME):** expressa em dias^{-1}.

$VME = \frac{1}{t}$ Em que:t = tempo médio de emergência.

Figura 4. Coleta de dados aos 15 e 30 DAE.

Aos 30 DAE foram determinados a altura de planta, diâmetro de caule – determinado com paquímetro, número de folhas por planta e massa fresca e seca de planta a partir seis plantas por parcela. Para determinação da massa seca, as plântulas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 ºC por 72 horas.

No florescimento, em 30 de setembro a 3 de outubro de 2017, as cultivares foram avaliadas em relação à altura de planta, diâmetro de caule, número de ramos e número de capítulos a partir de seis plantas por parcela obtido por meio da contagem do número de ramos e capítulos e calculada a sua média (Figura 5).

Figura 5. Estádio de Florescimento.

Por ocasião da colheita, entre 23 de outubro e 1º de novembro de 2017, foram avaliados a população final de plantas, produtividade de grãos, massa de capítulos – a partir da contagem dos capítulos de seis plantas, massa de 100 grãos, massa de sementes por planta – a partir de seis amostras, teor de óleo – pelo método soxhlet (IAL, 1985) e proteína – pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) (Figura 5 e 6).

Figura 6. Estádio de maturação e coleta das amostras.

Figura 7. Amostragem das sementes de cártamo.

3.4. Estatística aplicada

Os resultados foram submetidos à análise de variância em delineamento inteiramente ao acaso. As médias foram agrupadas pelo teste de agrupamento proposto por Scott e Knott a 5% ($p \leq 0,05$) de probabilidade pelo software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

A cultivar C1 se destacou em relação a emergência e índice de velocidade de emergência. A velocidade média de germinação da cultivar C3 foi de 0,33 dias, no entanto a cultivar obteve baixa porcentagem de emergência (35,5%) (Tabela 1). Maziero et al. (2018) também observaram variação do surgimento de genótipos nacionais de cártamo. A cultivar C1 recebeu tratamento de sementes e as demais foram semeadas sem tratamento, o que pode ter influenciado nos maiores resultados de emergência obtidos pelo genótipo C1.

Tabela 1. Emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de germinação (VME) de cultivares de cártamo aos 15 DAE.

Cultivar	Emergência (%)	IVE	TME	VME
C1	79,8 a	2,91 a	7,13 a	0,14 d
C2	50,0 b	1,99 b	4,22 c	0,25 b
C3	35,5 c	1,30 c	3,19 c	0,33 a
C4	39,5 c	1,32 c	3,94 c	0,26 b
C5	58,3 b	2,35 b	4,81 b	0,22 c
C6	57,0 b	2,18 b	4,97 b	0,20 d
CV (%)	14,1	13,8	16,6	20,8

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

As cultivares C1 e C6 apresentaram maior altura de planta aos 30 DAE, com 12 e 13,3 cm, respectivamente. As demais cultivares C2, C3, C4, C5 estão agrupadas com altura semelhante, entre 10,5 a 11,1 cm. Para diâmetro de caule, as cultivares C1 e a C2 que apresentaram menor crescimento inicial, também estão agrupadas com menor diâmetro de caule, com 2,13 e 2,16 mm, respectivamente. Já as cultivares altas (C5 e C6) apresentaram maior diâmetro médio de caule, com 2,56 e 2,60 mm, respectivamente, apesar de semelhante às cultivares C4 e C3. As demais variáveis avaliadas aos 30 DAE (número de folhas e massa fresca e seca de planta) não variaram em razão das cultivares. Em média as cultivares apresentaram 5,6 folhas, massa fresca de 0,7 g e massa seca de 0,07 g. Apesar de variação na altura e diâmetro de caule, nenhuma cultivar se destacou quanto ao acúmulo de massa seca na fase inicial. No desenvolvimento das cultivares (65 dias DAE) ocorreu geada, mas não afetou os genótipos.

No florescimento, a altura de plantas da cultivar C6 e C4 foram superiores às demais, com 100 e 105 cm, respectivamente. A altura de plantas variou de 73 a 105 cm (Tabela 2). A estatura das plantas é uma característica importante para colheita mecanizada, sendo a variação devido a cultivar e às condições edafoclimáticas. Santos, Bassegio e Silva (2017) verificaram variação de 0,69 a 0,93 cm para cultivares de cártamo no Sudoeste. Bellé et al. (2012) observaram altura de 112 cm em cultivo realizado no Sul. A variação na altura observada na literatura se deve a característica da cultivar estudada, no entanto, observa-se que as cultivares norte-americanas possuem estatura semelhante às cultivares melhoradas no Brasil.

As cultivares C6 e C3 se destacaram em relação ao diâmetro de caule, número de ramos e número de capítulos. O diâmetro de caule variou de 11,8 a 7,7 mm, enquanto que o número de ramos variou de 6,8 a 17,1 ramos por planta. Devido ao grande número de ramos, as cultivares C6 e C3 apresentaram 27,3 e 32,6 capítulos por planta, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de ramos (NR) e número de capítulos (NC) de cultivares de cártamo no florescimento.

Cultivar	AP (cm)	DC	NR	NC
C1	96 b	7,7 c	6,8 c	14,3 c
C2	73 d	9,6 b	9,6 b	23,6 b
C3	84 c	10,8 a	17,1 a	27,3 a
C4	105 a	10,0 b	12,0 b	21,1 b
C5	91 b	8,0 c	9,8 b	22,1 b
C6	100 a	11,8 a	15,0 a	32,6 a
CV (%)	4,8	11,0	18,4	22,5

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

No florescimento as cultivares diferiram em razão das características de crescimento, com destaque para as cultivares C6 e C3, que apresentaram maior acúmulo de massa seca de planta e raiz, além de maior número de folhas.

Como se destacou em relação ao crescimento inicial, a cultivar C1 também obteve maior número de plantas por metro na colheita, ou seja, população de 24 plantas por metro. A

cultivar C3 teve população final de apenas 9 plantas por metro, semelhante a cultivar C2 (12 plantas) e C6 (12 plantas). As cultivares C5 e C4 tiveram população semelhante na colheita, com 16 e 15 plantas, respectivamente (Tabela 3). O cártamo pode compensar a variação espacial produzindo capítulos secundários e terciários. Sampaio et al. (2017) no Sul do Brasil observaram que no outono (abril) 16 plantas por metro são suficientes, já para cultivo de inverno (julho) mais de 20 plantas por m são necessárias. Apesar da diferença na população, devido ao hábito de crescimento semideterminado, o cártamo pode contrabalancear essa variação com o melhor desenvolvimento no número de hastes e/ou a perda de alguns capítulos, produzindo mais grãos nos capítulos restantes (MÜNDEL et al., 1994).

As cultivares não diferiram em relação ao número de capítulos por planta, com variação de 17 a 27 capítulos (Tabela 3). Esse fato pode ser explicado pelo maior engalhamento e consequente compensação das menores populações das cultivares. Santos, Bassegio e Silva (2017) observaram variação de 10 a 34 capítulos para quatro cultivares nacionais cultivadas em dois tipos de solos. Sampaio et al. (2016) encontraram 12 capítulos no inverno e 9 capítulos no outono. O número de capítulos por planta é um componente afetado pelo arranjo espacial das plantas, uma vez que o número de capítulos por área diminuiu com o aumento da densidade de plantas nos trabalhos de Vaghar et al. (2014) e Sampaio et al. (2017).

Tabela 3. Plantas por metros (PM), capítulos por planta (CP), massa de 100 grãos (MG), Produtividade (P), Óleo (O) e Proteína (PR).

Cultivar	PM	CP	MG 100 (g)	P (kg há$^{-1}$)	O (%)	PR (%)
C1	24 a	25	1,9 b	914 b	12,2 c	16,6 a
C2	12 c	17	2,4 a	931 b	22,7 a	13,2 b
C3	9 c	19	2,4 a	953 b	19,3 b	13,1 b
C4	15 b	27	2,2 a	1198 a	18,7 b	11,1 d
C5	16 b	27	2,3 a	1607 a	18,4 b	7,7 e
C6	12 c	25	1,6 b	628 b	23,4 a	12,4 c
CV (%)	23,4	37,5	17,1	44,3	6,2	3,6

Letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A massa de 100 grãos das cultivares C2, C3, C4 e C5 foram semelhantes, com variação de 2,3 a 2,4 g, embora superiores das cultivares C1 (1,9 g) e C6 (1,6 g) (Tabela 3). Santos, Bassegio e Silva (2017) observaram variação de 2,6 a 4,3 g no Sudoeste do Brasil. Sampaio et al. (2016) observaram massa de 100 grãos de 6,8 g para inverno e 4,8 g para outono para cultivar IAPAR. A massa de 100 grãos observada para as cultivares norte-americanas no presente estudo é menor que a registrada nos cultivos no Brasil com cultivares nacionais, o que é devido ao peso de 100 grãos ser um componente afetado pelas características da planta e dos genes (BRAILEANU et al., 2013). Outro fator que pode ter afetado os componentes da produção e a produtividade de grãos de cártamo por ocasião da colheita foi o alto volume de chuva na maturação, o que dificultou a colheita, especialmente nas cultivares C1, C2, C3, C4, C6 que foram tardias.

As cultivares C4 e C5 apresentaram produtividade de grãos superior em relação às demais. A produtividade de grãos foi de 1607 e 1198 kg ha^{-1} para as cultivares C4 e C5, respectivamente. As cultivares C1, C2, C3 e C6 apresentaram produtividade de grãos

semelhante com variação de 628 a 953 kg ha^{-1} (Tabela 5). Santos, Bassegio e Silva (2017) observaram variação 900 a 2600 kg ha^{-1} para cultivo de inverno de Sudoeste do Brasil. Sampaio et al. (2016) e Zanão Júnior et al. (2017) para cultivo no Sul do Brasil encontraram média de 3820 e 4532 kg ha^{-1} para cultivares nacionais, respectivamente. A produtividade de grãos das cultivares norte-americanas testadas no Sul apresentaram produção inferior das observadas na literatura, o que pode ser devido à falta de adaptação das cultivares as condições subtropicais.

O teor de óleo das cultivares norte-americanas de cártamo ficou entre 12,2 e 23,4%, com destaque para as cultivares C2 e C6 (Tabela 5). Sampaio et al. (2016) verificaram teores semelhantes em inverno, com 23,5% para cultivar IAPAR. Zanão Júnior et al. (2017) observaram variação de 23,1 a 29,4%, com média de 26% para cultivares nacionais. Santos et al. (2018) observaram variação de 23,9 a 30,0% para cultivar nacional do IAPAR. Já Santos, Bassegio e Silva (2017) para cultivo no Sudoeste encontraram máximo de 45,8% para cultivar 2103 IMAmt. Para El-Lattief (2013) o teor de óleo de cártamo pode chegar a 50%, sendo que o teor de óleo e dependente fortemente do genótipo (HANG; EVANS, 1985).

Para Omid et al. (2012) o potencial de produção de grãos e de teor de óleo de cártamo está relacionado às condições ambientais e a cultivar estudada, sendo que o sucesso da introdução do cártamo em um determinado país ou região depende em grande parte da produtividade de grãos e do teor de óleo. O óleo de cártamo pode ser usado para fins medicinais, em alimentação de pássaros, como planta ornamental e na alimentação de ruminantes com o uso de feno e torta (BEM MOUMEN et al., 2015).

O teor de proteína variou de 7,7 a 16,6%, com destaque para a cultivar C1. Devido à ampla faixa, os resultados apresentaram cinco grupos de significância, onde a cultivar C5 que foi a mais produtiva (1607 kg ha^{-1}) obteve menor teor de proteína (7,7%). Para El-Lattief (2013) o teor de proteína nos grãos pode chegar a 20%, já a torta das sementes possui de 35 a 45% de proteína e pode ser usada na alimentação de ruminantes e monogástricos, por não possuir fatores antinutritivos (EBRAHIMIAN; SOLEYMANI, 2013).

Conclusões

A cultivar C1 se destacou em relação ao crescimento inicial, com maior emergência e índice de velocidade de emergência. Aos 30 DAE as cultivares altas (C5 e C6) apresentaram maior diâmetro médio de caule.No florescimento as cultivares C6 e C3 apresentaram maior acúmulo de massa de planta e raiz, além de número folhas, ramos e capítulos.No teor de proteína a cultivar C1 obteve maior resultado.As cultivares C5 e C4 apresentaram maior produtividade de grãos, enquanto que as cultivares C2 e C6 maior teor de óleo.

Referências

BELLÉ, R. A. et al. Cártamo cultivado em diferentes épocas de semeadura e densidades de plantas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2145–2152, 2012.

BEN MOUMEN, A. et al. Biochemical characterisation of the seed oils of four safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties grown in north–eastern of Morocco. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 3, p. 804–810, 2015.

Braileanu, S.I., Kadar, R.R., Duda, M.M., Gocan, T.M., Moldovan, C., 2013. The Influence of technological elements on some production components for the spring wheat. **ProEnvironment** 6, 379–383.

DORDAS, C.A.; SIOULAS, C. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. **Industrial Crops and Products,** v. 27, p. 75–85, 2008.

Dantas S, Vanúcia C, Silva IB, Pereira G, Maia JM, Lima S, Macedo CEC (2011) Influência da sanidade e deficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L. Rev Bras Sementes 33: 574–382.

Dordas CA, Siolas C (2008) Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Ind Crops Prod. 27: 75–85.

EBRAHIMIAN, A.; SOLEYMANI, A. Response of yield components, seed and oil yields of safflower to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers. **International journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 5, 1029–1032, 2013.

EL–LATTIEF, E. A. A. Safflower yields and water use efficiency as affected by irrigation at different soil moisture depletion levels and plant population density under arid conditions. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 59, n. 11, p. 1545–1557, 2013.

Júnior, L. A. Z., Paschoal, T. S., Pereira, N., de Araújo, P. M., Secco, D., dos Santos, R. F., & Prior, M. Seed productivity, oil content and accumulation of macronutrients in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in subtropical region. **Australian Journal of Crop Science**. n. 11, n. 10, p. 1254–1260, 2017.

Maziero CL, Santos RF, Leite LAB, Nascimento LFJ, Masiero MA (2017) Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) inoculadas com Azospirillum Brasilense. Acta Iguazu 6: 104–113.

MÜNDEL, H. H. et al. Seeding–date effects on yield, quality and maturity of safflower. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 74, n. 2, p. 261–266, 1994.

Sampaio, M. C., Santos, R. F., Bassegio, D., de Vasconselos, E. S., da Silveira, L., Lenz, N. B. G., ... & Tokuro, L. K. (2017). Effect of plant density on oil yield of safflower. **African Journal of Agricultural Research**, 12(25), 2147–2152.

Sampaio, M.C., Santos, R.F., Bassegio, D., de Vasconcelos, E.S., Silva, M. de A., Secco, D. & Silva, T.R.B. (2016). Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. **Ind Crop Prod**, 94, 589–595.

Santos RF, Silva MA, Klar AE, Zanotto MD, Bassegio D (2015). Comportamento morfológico no período de crescimento de genótipos de *Carthamus tinctorius* L. em cultivo sob sequeiro e irrigado. **Rev. Bras. Energ. Ren.** 4:146–167

Santos, R.F., Bassegio, D., de Almeida Silva, M. (2017). Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages. **Agric Water Manag**, 186, 66–74.

Santos, RF., Bassegio, D., Pereira–Sartori, M. M., Dutra–Zanotto, M., & de Almeida–Silva, M. (2018). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield as affected by nitrogen fertilization and different water regimes. **Acta Agronómica**, 67(2).

Sarto, MVM, Bassegio D, Rosolem CA, Sarto JRW (2018) Safflower root and shoot growth affected by soil compaction. Bragantia 77-0. http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.2017191

VAGHAR, M.S. et al. The effect of planting row interval and plant density on the phonological traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under dry land condition. **International Journal Biosciences**, v. 4, n. 12, p. 202–208, 2014.

Estudo técnico-econômico da implantação de um sistema de cogeração com biogás em uma fazenda leiteira

Sara Isabel de Melo Resende[1], Flávio Neves Teixeira[2]

[1]*Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, Minas Gerais, Brasil, sara_sidmr@yahoo.com.br*

[2]*Universidade Federal de São João del Rei*

Resumo

O sistema de confinamento da bovinocultura de leite, apesar de ter trazido avanços para o setor e ser importante para a economia do país, tem intensificado os problemas ambientais em função da concentração de resíduos. Cria-se, então, a necessidade de buscar alternativas para solucionar o problema. A geração de biogás a partir de dejetos bovinos se mostra uma alternativa interessante, pois permite o aproveitamento do biogás gerado na fazenda como fonte de energia elétrica e térmica, reduzindo os custos e o impacto ambiental. Dessa forma, este estudo realizado no município de Ritápolis/MG, em uma propriedade com atividades voltadas para bovinocultura de leite com 230 cabeças em regime de confinamento, tem como objetivo avaliar a viabilidade de implementação de um biodigestor tipo Lagoa Coberta e um sistema de cogeração com motor de combustão interna a gás. Conclui-se ser possível gerar diariamente 9.200kg de dejetos e aproximadamente 370m³ de biogás, com 70% de metano, suficiente para acionar dois motores de combustão interna a gás de potência elétrica igual a 35kW cada, ao custo estimado de R$5.900 por kW de potência instalada.

Palavras-chave. Biogás. Energia renovável. Cogeração. Dejeto bovino.

Introdução

Os sistemas intensivos de produção animal, como o confinamento na bovinocultura de leite, são atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente devido à alta produção de dejetos em ambientes restritos geograficamente. Como forma de amenizar este problema, a utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos, que permite agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás e do biofertilizante. A geração de biogás traz aos produtores uma opção de energia renovável de ótimo rendimento, custeando os gastos com energia elétrica e proporcionando energia limpa. Além disso, a biomassa resultante do processo de biodigestão, conhecida como biofertilizante, pode ser utilizada em substituição aos fertilizantes convencionais, proporcionando redução nos gastos de produção, além de contribuir com a sustentabilidade ambiental.

Metodologia

Descrição da propriedade

Para realização deste estudo foram coletados dados da fazenda Campo Alegre, localizada em Ritápolis/MG. O rebanho da fazenda é composto por 230 vacas leiteiras em regime de confinamento, que produzem diariamente, em média, 22,6 litros de leite e 40 kg de esterco por animal. Assim, a produção diária de leite é de 5.198 litros e de dejetos é de 9.200 kg. O consumo médio mensal de energia elétrica é de 12.480kWh, gerando um gasto de aproximadamente R$7.000,00

Capacidade de geração de biogás

A produção estimada diária de dejetos da fazenda é de 9.200kg e, de acordo com Collato e Langer (2011), a relação da produção de biogás por quilo de dejeto é 0,04 m³/kg. Logo, o volume de biogás ($V_{biogás}$) produzido por dia é dado pela Equação 3.

$$V_{biogás} = \text{Produção de dejetos} \cdot \text{produção}\,\frac{biogás}{dejetos} \tag{3}$$

A concentração de CH_4 no biogás pode variar de 60 a 80% (COLLATO e LANGER, 2011). Neste estudo considera-se o biogás com 70% de CH_4 e 30% de CO_2. A massa específica do CH_4 e do CO_2 é, respectivamente, 0,72 kg/m³ e 1,96 kg/m³ (SANTOS, 2007). Assim, encontra-se a massa específica ($\rho_{biogás}$) do biogás utilizando a Equação 4. Porém, este valor deve ser ajustado considerando os valores normais de temperatura (0ºC) e pressão (101,33 kPa). Utilizando biogás a 30ºC e 101,33 kPa (TIETZ et al., 2014), obtém-se a massa específica corrigida ($\rho_{corrigida}$) através da Equação 5. Com o volume de biogás e a massa específica corrigida, calcula-se a massa de biogás ($m_{biogás}$) produzida diariamente (Equação 6).

$$\rho_{biogás} = (\rho_{CH_4} \cdot \%\,CH_4) + (\rho_{CO_2} \cdot \%CO_2) \tag{4}$$

$$\rho_{corrigida} = \rho_{biogás} \cdot \left(\frac{P_{biogás}}{P_{CNTP}}\right) \cdot \left(\frac{T_{CNTP}+273.15}{T_{biogás}+273.15}\right) \tag{5}$$

$$m_{biogás} = \rho_{corrigida} \cdot V_{biogás} \tag{6}$$

Por fim, o consumo de biogás ($\dot{m}_{biogás}$), considerando que o sistema opera 24 horas, é calculado pela Equação 7.

$$\dot{m}_{biogás} = \frac{m_{biogás}}{n_{horas} \cdot 3600s} \tag{7}$$

Levantamento dos dados de consumo (modelagem das cargas)

A avaliação energética da fazenda Campo Alegre é realizada considerando dois cenários: i- consumo de energia atual, onde toda a demanda é abastecida por energia elétrica e; ii- produção combinada de energia elétrica e térmica por meio de sistema de cogeração com motor de combustão interna a gás, caldeira de recuperação e chiller de absorção.

O consumo mensal de eletricidade da fazenda é de 12.480 kWh/mês. Admitindo-se que cada sistema trabalha um número de horas diferente por dia e que o mês tem 30 dias, apresenta-se na Tabela 4 a distribuição do consumo de eletricidade no caso de estudo.

Tabela 4. Distribuição de consumo de energia no caso de estudo.

Categoria	Distribuição*	Consumo mensal	Horas trabalhadas	Consumo	Demanda
Resfriamento de leite	24,0%	2.995,2 kWh/mês	24 h/dia	4,2 kW	Frio
Bomba vácuo	13,0%	1.622,4 kWh/mês	6 h/dia	9,0 kW	EE
Iluminação	15,0%	1.872,0 kWh/mês	12 h/dia	5,2 kW	EE
Ventilação	8,0%	998,4 kWh/mês	24 h/dia	1,4 kW	EE
Aquecimento de água	16,0%	1.996,8 kWh/mês	6 h/dia	11,1 kW	Calor
Equipamentos de alimentação	3,0%	374,4 kWh/mês	12 h/dia	1,0 kW	EE
Manuseio dos resíduos	13,0%	1.622,4 kWh/mês	12 h/dia	4,5 kW	EE
Aquecimento ambiente	3,0%	374,4 kWh/mês	12 h/dia	1,0 kW	Calor
Outros	5,0%	624,0 kWh/mês	12 h/dia	1,7 kW	EE

*Fonte: Surbrook e Go (2017)

Reorganizando por tipo, ou seja, energia elétrica (EE), calor de processo e resfriamento, apresenta-se na Tabela 5 os dados de demanda máxima considerados no estudo. Os dados "Sistema Convencional" é soma dos consumidores de energia elétrica (22,8 kW), calor (12,1 kW) e frio (4,2 kW). Os valores "Demandas" são calculados baseados nos valores do "Sistema Convencional" ponderados pelas eficiências dos equipamentos, bem como o "Sistema Cogeração", conforme será mostrado na sequência.

Tabela 5. Potência máxima diária considerada para o caso de estudo.

	Sistema Convencional	Demandas	Sistema de Cogeração
EE	22,8 kW_{elet}	22,8 kW_{elet}	22,8 kW_{elet}
Calor	12,1 kW_{elet}	7,3 kW_{calor}	7,3 kW_{calor}
Frio	4,2 kW_{elet}	9,7 kW_{frio}	13,7 kW_{calor}

Note que, para garantir 12,1 kW_{elet} no sistema convencional, através de resistência elétrica, com eficiência de 60% (SANTOS et al., 2006), são necessários 7,3 kW_{calor} (Equação 8). E para garantir 4,2 kW_{elet} através de sistemas de compressão de vapor, COP de 2,3 (VENTURINI e PIRANI, 2005), necessita-se 9,7 kW_{frio} (Equação 9).

$$\eta_{resist} = \frac{Q_{calor}}{W_{elet}} \tag{6}$$

$$COP_{comp} = \frac{Q_{frio}}{W_{comp}} \tag{7}$$

No caso de sistemas de cogeração, considerou-se a produção de frio através de chillers de absorção. Ou seja, ao invés do sistema consumir eletricidade, consome calor. Assim, para garantir as demandas térmicas são necessários 7,3kW_{calor}, mais a parcela de calor consumida pelo chiller de absorção. Considera-se COP de 0,71 (ROBUR, 2017), para produzir 9,7kW_{frio}, que representa 13,7kW_{calor} (Equação 10), totalizando demanda de 21,0kW_{calor}.

$$COP_{abs} = \frac{Q_{frio}}{Q_{calor,abs}} \quad (10)$$

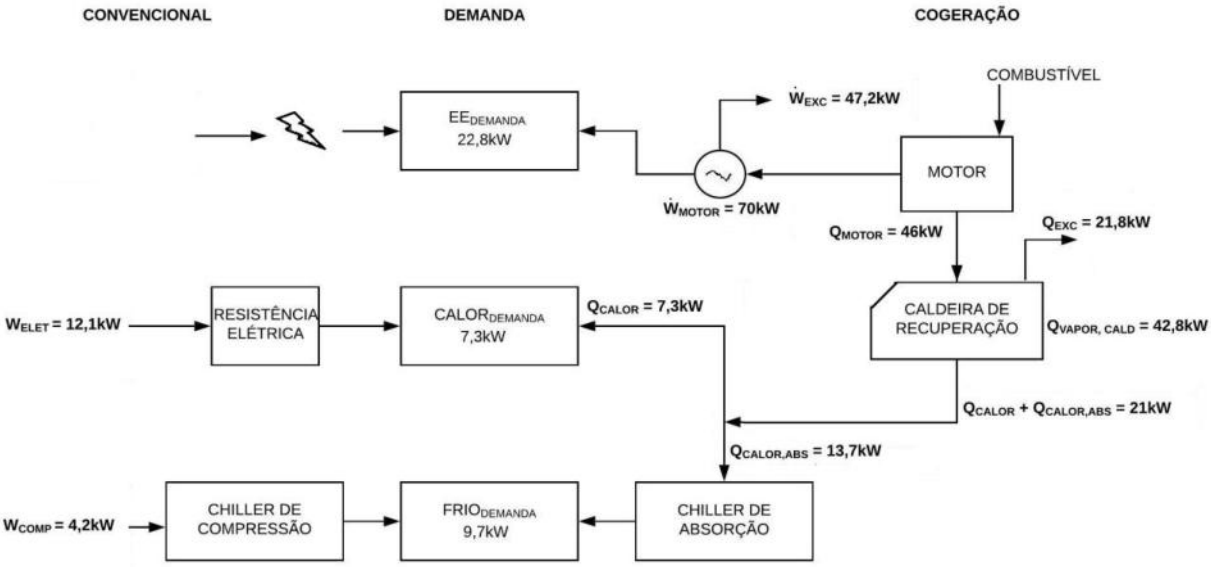
Levantamento dos dados dos equipamentos (modelagem dos motores)

Baseado no nível de demanda da produção de leite na fazenda, optou-se por utilizar dois motores de ciclo Otto adaptado para queima de biogás com consumo específico de 0,21kg/kWh (TEIXEIRA, 1997), potência elétrica igual a 35kW, potência térmica de 23kW e consumo de combustível de 0,002kg/s cada um. Assim, totaliza-se com potência elétrica de 70kW, potência térmica de 46kW e consumo de 0,004kg/s.

A potência térmica do motor considera a energia contida nos gases de exaustão do motor. Para transformar este calor em vapor utiliza-se uma caldeira de recuperação, com eficiência de 93% (SANTOS et al., 2006) (Equação 11). Portanto, o valor da energia útil dos gases de exaustão do motor é 42,8kW e deve atender o total de 21,0kW demandados pelo sistema de absorção e calor de processo. A Figura 2 ilustra a estrutura utilizada no estudo.

$$\eta_{cald,recup} = \frac{Q_{vapor,cald}}{Q_{motor}} \quad (11)$$

Figura 2. Demanda de energia, calor e frio.



Fonte: Autor

Análise econômica

Após calcular o potencial energético da fazenda, seleciona-se um equipamento existente no mercado suficiente para gerar a demanda necessária, para, por fim, analisar a viabilidade de implantação da planta geradora de energia a biogás. Considera-se que o conjunto motor-

gerador da fazenda funciona 24h/dia, durante 365 dias, totalizando 8760h de operação por ano. A avaliação dos custos do sistema é realizada de forma anual e considera os custos de depreciação, os juros sobre o capital e os custos de operação e manutenção.

O fator de recuperação do capital (FRC) é dado pela Equação 12, onde J e n são a taxa de desconto e a vida útil do sistema, respectivamente. O custo anualizado do sistema (CAS) é calculado pela Equação 13, onde CI é o custo do investimento e COM o custo com operação e manutenção. A receita anual gerada (RAE) pela venda do excedente de eletricidade é dada pela Equação 14, onde EED e TVE são, respectivamente, o excedente de energia elétrica diária e a tarifa de venda de eletricidade.

$$FRC = \frac{J \cdot (1+J)^n}{(1+J)^n - 1} \quad (12)$$

$$CAS = (CI \cdot FRC) + (CI \cdot COM) \quad (13)$$

$$RAE = EED \cdot TVE \cdot 365 \quad (14)$$

Assim, o custo operacional anual (COA) é dado pela Equação 15.

$$COA = CAS - RAE \quad (15)$$

A taxa de desconto para financiamento do governo federal no setor agrícola adicionado aos custos administrativos do banco repassador é de 6,5% (BCB, 2019). Para gastos com operação e manutenção (O&M) considera-se 10% do investimento total ao ano (ANEEL, 2018). Devido ao funcionamento a biogás, considera-se 20 anos de vida útil do sistema. De acordo com a Aneel (2018), o custo de implantação de um biodigestor é de R$5.900 por kW. Como o potencial de geração é de 70 kW, chega-se ao investimento de R$ 413.000. O custo com O&M é de R$41.300. Então, o custo anualizado do investimento, considerando os gastos com O&M é de R$78.782.

O excedente diário de energia elétrica calculado é de 1.442,9 kWh, e a tarifa de venda de energia elétrica gerada através de biogás é R$ 0,176 por kWh (ANEEL, 2018). Assim, a receita com a venda do excedente de energia é de R$92.691,90 por ano.

Por meio do sistema convencional, o gasto com energia elétrica da fazenda é de R$ 7.000,00 por mês, ou seja, R$84.000,00 por ano. Sabendo o custo com energia através do sistema convencional é possível realizar uma análise comparativa com o sistema de cogeração. Para isso, realiza-se um fluxo de caixa considerando o custo total do investimento proposto e abatendo a cada ano a economia gerada por ele em relação ao sistema convencional. Através deste fluxo de caixa é possível calcular o valor presente líquido (VPL), o tempo de retorno do investimento e também a taxa interna de retorno (TIR), realizando assim a análise econômica do estudo. Utiliza-se o software Excel como auxílio nesta análise.

Resultados e discussão

A fazenda Campo Alegre possui um rebanho de 230 vacas gerando diariamente 9.200kg de dejetos, que quando depositados em um biodigestor anaeróbico podem produzir

aproximadamente 370m³ de biogás por dia. Esta produção é suficiente para acionar dois motores de combustão interna a gás de potência elétrica igual a 35kW cada, que podem ser utilizados em um sistema de cogeração, com intuito de atender a demanda elétrica e térmica da fazenda.

Através da análise econômica do sistema proposto, conclui-se que o investimento anual mais os custos de O&M representam R$78.782,00 e, em contrapartida, a receita com a venda de eletricidade é de R$92.691,90. Assim, o lucro do sistema é de R$13.909,90 ao ano. Além disso, o custo evitado (valor atual da conta de energia paga para a concessionária) é de R$ 84.000,00. Utilizando estes valores, realiza-se o fluxo de caixa e encontra-se os indicadores econômicos: valor presente líquido de R$1.336.460,00, taxa interna de retorno de 20,7% e tempo de retorno do investimento de 3,5 anos.

Conclusões

Os indicadores de viabilidade econômica apresentaram resultados satisfatórios, portanto, pode ser implantado o sistema de cogeração de energia acionado por um motor de combustão interna a gás, com utilização do biogás gerado na fazenda Campo Alegre.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia da UFSJ por possibilitarem a realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

ANEEL. (2018), Aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuídas, estabelecidas pela Resolução Normativa nº 482/2012. *Cibiogás, Energias Renováveis*.

ANEEL. (2018), Leilão de Geração de Energia nº03/2018, *Agência Nacional de Energia Elétrica*.

BCB. (2019), Histórico das taxas de juros no Brasil, *Banco Central do Brasil*.

COLLATO, L.; LANGER, M. (2011), Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. *Unoesc & Ciência* – ACET, Joaçaba – SC, Brasil, 10p, dez 2011.

ROBUR (2017), Gas absorption chiller For Cooling with low electric energy consumption, Disponível em: www.roburcorp.com. Acesso em setembro de 2017.

SANTOS, A.H.M. et al. (2007), Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. *Itajubá: FUPAI,* 2007. 596 p.

SURBROOK, T.C.; GO, A. S. (2017) Farm Energy Audit Program Development Michigan State University, Department of Biosystems & Agricultural Engineering, and Department of Agricultural Economics, Disponível em: http://farmenergy.canr.msu.edu/. Acesso março 2017.

TEIXEIRA, F. N. (1997). Seleção de ciclos e configurações de sistemas de cogeração. Dissertação (Mestrado) - Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Instituto de Engenharia Mecânica.

TIETZ, C.M. et al. (2014) Influência da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 3, p. 80-96.

VENTURINI, O. J., PIRANI, M. J. (2005). Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial, Centrais elétricas brasileiras, *FUPAI/EFFICIENTIA*, Rio de Janeiro: Eletrobrás.

Extração de óleo de sementes de maracujá do resíduo agroindustrial da produção de polpas e sucos via CO_2 Supercrítico.

Chrisman,E. C. A. N.[1], Massad, R.C.[2], Esteves, T.M [3], Leal, M. F.[4]

[1]*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química,UFRJ * enunes@eq.ufrj.br*

[2,3,4] *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química,UFRJ.*

Resumo

Sustentabilidade e uso consciente de recursos naturais ganham ainda mais importância a cada dia. É importante encontrar formas de aproveitar de maneira mais eficiente os recursos que nos são oferecidos, uma vez que muitos processos geram grandes quantidades de resíduos. Desta forma, conseguir diminuir o volume e agregar valor aos descartes industriais é desejável e necessário para uma produção mais sustentável e consciente. A indústria que processa os frutos do maracujá gera toneladas de resíduos constituídos de sementes e cascas. A maior parte é descartada em aterros sanitários e o restante é aproveitado na produção de ração animal. Visando agregar valor a este resíduo, uma das opções é a extração do óleo das sementes, o qual apresenta vasta aplicação nas indústrias farmacêutica, cosmética e de alimentos, pelo fato do óleo ser rico em ácidos graxos, antioxidantes, compostos fenólicos, dentre outros.(1,2) Sendo assim, este trabalho avaliou o rendimento da extração do óleo de sementes de maracujá via CO_2 Supercrítico (EFS). Testes preliminares do teor lipídico total foram realizados em três faixas granulométricas diferentes, 14/20 mesh, 20/28 mesh e 28/35 mesh, via metodologia de Soxhlet (ES), utilizando acetona por um periodo de duas horas. As EFS foram realizadas em regime semicontínuo para as sementes inteiras e trituradas na granulometria de maior rendimento encontrado na ES. Foi construído um planejamento de experimentos fatorial com três réplicas no ponto central, composto por dois fatores, temperatura e pressão, com dois níveis cada, 40 e 60 °C, 250 e 320 bar, respectivamente. O maior rendimento obtido por ES foi de aproximadamente 49% para a granulometria 28/35 mesh. Na EFS, para mesma faixa granulométrica e mesmo tempo de extração, o rendimento obtido foi de aproximadamente 17%, nas condições de 320 bar a 60 °C. A fim de verificar o máximo de rendimento por EFS, realizou-se a extração das sementes trituradas (mesh 28/35) por 8 horas, obtendo-se um rendimento de aproximadamente 44%. Da ANOVA constatou-se significância estatística para o modelo proposto, do efeito da pressão e interação pressão/temperatura sobre a resposta, mas não para a temperatura individualmente, considerando um intervalo de confiança de 95%.

Palavras-chave. 1. Extração 2. CO_2 Supercrítico 3. Passiflora edulis 4. Soxhlet. 5. reaproveitamento de resíduos

(1) Oliveira, R.C.; Sueli, T.D.B; Gimenes, M.L. The extraction of passion fruit oil with green solvents. Journal of Food an Engineering. V. 117, p: 458-463, 2013.

(2) Malacrida, C.R.; Jorge, N. Yellow, passion fruit seed oil (Passiflora edulis f. flavicarpa): Physical and Chemical characteristics. Brazilian Archives of Biology and Technology. V.55, p: 127-134, 2012.

EXTRATO DE FOLHA DE CRAMBE SOBRE O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MILHO (*ZEA MAYS)*

Hamom Ventura Rodrigues[1] Bruna de Villa[2], Reginaldo Ferreira Santos[3], Selmo Bonatto[2],Julie Moulam[2]

[1]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura - PPGEA, hamom.rodrigues@unioeste.br*

[2]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – PPGEA*

[3]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Docente do Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – PPGEA*

Resumo: *Sendo o Crambe uma cultura inovadora para a produção de biodiesel e de usos alelopaticos, torna-se de grande importância compreender os seus efeitos sobre outras culturas de grande escala como a do milho. A razão do trabalho foi verificar estatisticamente o efeito de diferentes concentrações de extrato líquido de folhas de crambe no desenvolvimento inicial do milho. Sendo o experimento realizado no laboratório de avaliação de sementes e plantas (LASP) na UNIOESTE - Cascavel. Em que as 11 sementes de milho foram submetidas a duas concentrações de extrato de folha de crambe, sendo elas: 10%, 20%, mais a testemunha; onde foram acondicionadas 11 sementes de milho para cada repetição em papel germitest. De modo que em que cada tratamento se avaliou o crescimento da parte aérea e radicular, bem como a massa fresca e seca da parte aérea e radicular. A técnica experimental utilizado foi de um delineamento inteiramente ao acaso com 3 repetições por concentração. E a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Podendo-se observar que a testemunha diferiu-se dos demais tratamentos, apresentando maiores valores quanto ao crescimento aéreo (19,531 cm), massa fresca da parte aérea (0,871 cm), massa seca da parte aérea (0,061 g) e massa seca da parte radicular. O que demonstra que o extrato da parte da folha do crambe inibiu o desenvolvimento inicial do milho, sendo que os demais parâmetros avaliados não diferiram entre si.*
.

PALAVRAS-CHAVE: *Alelopatia, Crambe abyssinica, sementes.*

Geoprocessamento aplicado na determinação da biomassa oriunda da cana-de-açúcar no Município de Barra Bonita – SP, visando a geração de energia limpa.

Mariana de Campos[1]; Sérgio Campos, Marcelo Campos, Mateus de Campos Leme, Flávia Luize Pereira de Souza

Resumo

A identificação, o mapeamento e a quantificação das ocupações do solo através da análise visual da imagem de satélite é de fundamental importância para os profissionais que dependem de um levantamento mais detalhado dos alvos. O levantamento do uso atual da terra para fins de planejamento, pode ser obtido a partir da utilização de dados multiespectrais, fornecidos por satélites de Sensoriamento Remoto. As vantagens de utilizar dados de sensoriamento remoto nos levantamentos do uso atual das terras, são atingir grandes áreas de difícil acesso e fazer o imageamento à altas altitudes, possibilitando uma visão sinóptica da superfície terrestre, com repetitividade, viabilizando as ações de monitoramento. O uso de imagens de satélite como base cartográfica é muito utilizado devido ao seu relativo baixo custo, periodicidade de aquisição e fornecimento de importantes informações sobre mudanças no uso da terra. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de geotecnologias, associada ao uso de imagens de satélite na avaliação do mapeamento de áreas potenciais de biomassa canavieira, ou seja, permitindo a determinação da biomassas que a cana-de-açúcar poderá gerar na busca de novas e eficazes tecnologias na geração de energia limpa, atendendo a crescente demanda de consumo. A área de estudo está localizada na porção central do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 738.000 m a 769.500 m de longitude E e 7.506.000 m a 7.524.000 de latitude S, com uma área de 15.208,97 ha. O mapa de uso e ocupação da terra foi elaborado por meio de técnicas de geoprocessamento, tendo-se como base cartográfica o mosaico de Cartas Planialtimétricas do município de Barra Bonita – SP e a imagem do satélite Sentinel-2 em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – QGis 2.18.18. Os resultados mostram que o mapeamento do uso de ocupação da terra do Município de Barra Bonita – SP, permitiu constatar que a área do município estava coberta com quase ¾ pela cultura canavieira, mostrando com isso a aptidão por agricultura e o potencial regional para produção de biomassa e energia limpa.

PALAVRAS-CHAVE: uso do solo, imagem de satélite, mapeamento.

[1]Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA, Botucatu – SP, mariana.campos03@gmail.com.

Importância da Biomassa na Agricultura familiar nas abordagens - convencional, alternativa e agroecológica: uma revisão bibliográfica

Leonardo Corrêa Cordeiro[1], Carlos Augusto Costa Cordeiro[2]

[1]*Graduando – Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil, e-mail: leocordeiro7991@gmail.com.*

[2]*Prof. Dr. - Engenheiro Agrônomo, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, e-mail: caucos@hotmail.com.*

Resumo

Agricultura familiar pode ser definida como atividade caracterizada pela diversidade de cultivos, a busca pela preservação dos serviços ecossistêmicos e principalmente por ser administrada por membros da família. Além da produção ser diversificada, podem existir mais de um tipo de abordagem, diferentes tipos de tecnologias usadas, objetivo de produção, mercado, tamanho da propriedade e acumulação de capital. Tais abordagens podem ser classificadas como convencional, alternativa ou agroecológica. Dentro da contextualização sobre sistema convencional tal abordagem não está ao alcance de muitos agricultores familiares por conta do uso de tecnologias mais caras e da ineficácia de políticas de acesso, como consequência a produção da biomassa nesse sistema não consegue se sobrepor aos insumos químicos. Na abordagem agroecológica, que visa o baixo uso de fertilizantes químicos e maquinário pesado, buscando estabelecer o equilíbrio ecológico entre homem e natureza, permite aumentar o acumulo de biomassa devido a diversidade de cultivos e residual orgânico que cada cultura pode proporcionar ao sistema como um todo, isso pode ser um ponto importante para além da questão ambiental ,ter uma derivação social, cumprindo-se assim a progressiva agroecológica que visa estabelecer a transformação da produção em capital social, culminando com a busca por uma menor dependência de fatores externos e principalmente maior equidade no aspecto econômico. Por último neste contexto, tem-se a abordagem alternativa que pode ser entendida como uma transição entre a abordagem convencional e agroecológica. A agricultura alternativa inicialmente se estabelece como uma forma de remediar as consequências do modelo convencional e servir de base para a transição ao modelo agroecológico. Sendo assim, a abordagem alternativa visa implementar um modo de produção tendo como base o uso de fertilizantes agrícolas de forma controlada sem afetar a capacidade do solo na execução de suas funções ecológicas e o aproveitamento melhor de todos os elementos do sistema como uso do esterco de animais e restos vegetais para produção de biomassa húmica (húmus) , quer seja curtido ou na forma de composto orgânico.

Palavras-chave. Biomassa . Agricultura Familiar. Abordagem Convencional. Abordagem Alternativa. Abordagem Agroecológica.

INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)

Daniel Sena Marins[1]; Geovanny Broetto Besinella[1]; Joyce Bueno Mafra[1]; Amauri Ghellere Garcia Miranda[1]; Reginaldo Ferreira Santos[1]

[1] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel-PR, Brasil. Autor correspondente: daniel.gelk@hotmail.com*

Resumo

A compactação do solo é um dos maiores desafios para a produção agrícola em todo o mundo, afetando grande parte a dinâmica de compactação do solo em agroecossistemas, inibindo severamente o crescimento das culturas e, assim, diminuindo a produtividade das mesmas (SHEN et al., 2016). A compactação causa redução de massa por unidade de volume, acarretando maior densidade do solo e resistência mecânica do solo à penetração, com redução da porosidade total e com maior ênfase na redução dos poros de maior diâmetro. Consequentemente, reduz a capacidade de infiltração e redistribuição de água e trocas gasosas, limitações de nutrientes e absorção de água para as plantas, alterando também a penetração, ramificação e distribuição das raízes no solo, fatores culminantes da redução da produtividade das culturas e da sustentabilidade dos solos agrícolas (LEONEL et al., 2007). Portanto, neste trabalho foram realizados ensaios de plantio de amendoim (Arachis hypogaea L.*) submetidos a cinco níveis diferentes de densidade de solo (T0; T1; T2; T3 e T4), sendo quatro repetições por cada nível (20 ensaios), visando avaliar os efeitos causados pelo aumento da densidade do solo em relação ao retardo do desenvolvimento aéreo e radicular da cultura do amendoim. Foram analisadas o diâmetro do caule, altura aérea total, número de folhas e hastes, número de vagens, massa seca, comprimento e massa de raízes e comparando a capacidade de produção de biomassa lignocelulósica e óleo vegetal.*

Palavras-chave: *Densidade do solo. Desenvolvimento aéreo e radicular. Altura aérea total. Massa de raízes.*

SHEN, P.; WU, Z.; WANG C.; LUO, S.; ZHENG, Y.; YU, T.; SUN, X.; SUN, X.; WANG, C.; HE, X. Contributions of rational soil tillage to compaction stress in main peanut producing areas of China. **Scientific Reports**, v.6, n.1, p. 1-9, 2016.

LEONEL, C. L.; CENTURION, M. A. P. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. S. Relação da Compactação do Solo com a Cultura do Amendoim. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2, p. 70-81, 2007.

Irrigação com esgoto doméstico tratado em área cultivada com laranja

Andreia Aparecida Ferreira da Silva[1], Hélio Grassi Filho[2], Reginaldo Ferreira Santos[3], Aline Azevedo Nazário[4], Luiz Antonio Zanão Júnior[5]

[1]*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita – UNESP – Botucatu/SP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, andreiasilva@escola.pr.gov.br;*

[2]*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita – UNESP – Botucatu/SP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA;*

[3]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura;*

[4]*Centro Universitário Adventista – UNASP/Campus Engenheiro Coelho – SP;*

[5]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura;*

Resumo

O uso de esgoto tratado na agricultura tem se afirmado como um mecanismo de preservação da disponibilidade e da qualidade de água no ambiente, além do que sua utilização na irrigação pode amenizar os possíveis riscos de contaminação dos rios e lagos e, suprir hidricamente as culturas, apresentando alto potencial de fornecimento de nutrientes. No Brasil não existe legislação específica que regulamente o uso de esgoto na agricultura, dessa forma, são necessárias pesquisas com a aplicação de EDT em condições brasileiras visando a produtividade citrícola, principalmente relacionado aos atributos do solo, nutrição da cultura e exportação de nutrientes. O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial com o uso de efluente se destaca como uma possibilidade de elevação da produtividade da cultura devido à alta eficiência do sistema. A aplicação de esgoto doméstico tratado no solo cultivado com laranja via gotejamento superficial e subsuperficial pode fornecer resultados que orientem a otimização de reuso de água na irrigação, minimizando custos e impactos ambientais. O presente trabalho objetivou avaliar os parâmetros químicos do solo cultivado com laranjeiras e irrigado com esgoto doméstico tratado via gotejamento superficial e subsuperficial. As avaliações foram conduzidas na Fazenda Lagoa Bonita/UNASP em Engenheiro Coelho, SP. O experimento apresentou 25 unidades experimentais. Foram avaliadas as duas qualidades de água (esgoto doméstico tratado – EDT, e água de reservatório – AR) e nas subparcelas o sistema de gotejamento superficial, o sistema de gotejamento subsuperficial; e a testemunha sem irrigação. A variedade é a laranjeira Pêra Coroa, o porta enxerto é o limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck). No experimento foram utilizadas duas qualidades de água, sendo uma proveniente de um reservatório superficial (ARS) próximo da área experimental, e a outra, esgoto doméstico tratado (EDT), proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da UNASP, compreendendo os dejetos domésticos e sanitários dos diversos espaços que compunham a universidade. A Estação de Tratamento de Esgoto

é constituída por lagoas de estabilização do tipo Australiano, com uma lagoa receptiva anaeróbica e, duas lagoas facultativas, sendo uma primária e outra secundária e ainda outra lagoa com plantas aquáticas flutuantes da espécie Eichornia, conhecidas como aguapé. Foram realizadas análises químicas no solo e ainda químicas e biológicas na água de reservatório e EDT. O tratamento irrigação subsuperficial com aplicação de água de reservatório foi o que apresentou as maiores médias para o pH, na profundidade de 0,20 m, Mg nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, também Matéria Orgânica. A aplicação do efluente quando comparado a água apresentou as maiores médias para a variável Fe. Os dados coletados foram submetidos à ANOVA e quando houve interação entre qualquer combinação dos fatores Irrigação x Líquido aplicado x Profundidade x Coletas, foram realizados os desdobramentos correspondentes. Na comparação dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey (5%). O presente trabalho apresentou resultados promissores em relação à irrigação da cultura da laranja com EDT via irrigação superficial e subsuperficial.

Palavras-chave. Reúso. Efluente. Gotejamento Subsuperfícial. *Citrus sinensis* (L). Solo.

MANEJO EFICIENTE DE FERTILIZANTE NITROGENADO NA CULTURA DO CÁRTAMO

Fernando Luiz da Cruz Balena[1*], Reginaldo Ferreira Santos[1], Doglas Bassegio[1], Bruna de Villa[1], Ricielly Eloyze Rosseto[1]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, UNIOESTE/Cascavel-PR, *E-mail do primeiro autor: fernandobalena@yahoo.com.br*

Resumo

Manejo eficiente de nutrientes cumpre importante papel para o bem-estar das comunidades, como suporte à produção das industrias de alimento, rações, biomassa e combustíveis alternativos que dependem de uma agricultura viável e sustentável no mundo todo. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar efeito da aplicação de doses crescentes de adubo nitrogenado em cobertura, sobre componentes diretos e indiretos na produção de grãos (aquênios) da cultura do cártamo. A semeadura foi realizada sob condição de campo, com cultivar de cártamo IMAmt S-518, de modo a formar delineamento experimental em blocos casualizados. Os tratamentos foram compostos por doses crescentes de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 Kg ha^{-1}) na forma de uréia (45% N), incorporado manualmente em cobertura 30 dias após a emergência das plantas. Parâmetros morfométricos foram avaliados no estádio de floração plena, bem como, produtividade de aquênios quando da maturação fisiológica das plantas. Resultados permitem concluir, que o rendimento de aquênio de cártamo foi fortemente influenciado pela aplicação de N-uréia em cobertura, com rendimento máximo na dose de 120 kg ha^{-1} de N, porém, a dose mais econômica de 105 kg ha^{-1} de N mostrou ser apropriada na obtenção do máximo lucro por unidade de área, portanto mais adequada para sustentabilidade do negócio.

Palavras-chave. Manejo eficiente de nutrientes. Agricultura sustentável. *Carthamus tinctorius* L.

Introdução

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma cultura oleaginosa com grande potencial energético, pertencente à família Compositae ou Asteraceae (DAJUE; MÜNDEL, 1996; CORONADO, 2010). No Brasil, o cultivo de cártamo ainda se restringirem a pesquisa, porém, vem chamando atenção devido à alta adaptabilidade a distintas condições agroclimáticas.

O desenvolvimento da agricultura de precisão, com o conceito específico de manejo local, nas duas últimas décadas aumentou significativamente o manejo da fertilidade do solo, nossa habilidade de praticar uma melhor gestão dos nutrientes, e das ferramentas para monitoramento e avaliação dos resultados. A tecnologia e o seu papel, tanto nas economias desenvolvidas

como nas em desenvolvimento é um componente crítico na melhoria do manejo da fertilidade do solo (REETZ, 2017).

Mormente aos fatos, deve-se considerar, pois, que os fertilizantes são responsáveis por cerca de 50% do aumento da produtividade agrícola, todavia, dentre os distintos adubos comerciais, os nitrogenados certamente desempenham papel preponderante na agricultura. Portanto, o adequado suprimento e uso de fertilizantes nitrogenados faz-se necessário para que o Brasil possa se tornar um grande produtor mundial (FRANCO; NETO, 2007).

Em contrapartida o uso eficiente de adubos faz-se necessário, visto que aproximadamente 1% da produção mundial de energia e as consequentes emissões de gases de efeito estufa está associado a síntese de amônia para produção de fertilizantes nitrogenados (KITANO et al., 2012), além de toda energia incorporada na logística de transporte dos fertilizantes, muitas vezes prejudicial ao meio ambiente.

Doravante, a resposta do cártamo a adubação nitrogenada em cobertura, está relacionada às características inerentes as condições de manejo da cultura e condições edafoclimáticas. Aplicação de fertilizante nitrogenado como N-uréia (forma amídica) em cobertura, visa complementar a necessidade premente de nitrogênio pela cultura.

Apesar da abundância do gás dinitrogênio (N_2=78%) na atmosfera, é considerado o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas. Isso ocorre, pois, o N_2 não pode ser utilizado diretamente pela maioria dos organismos, especialmente as plantas, em virtude de sua ligação tripla entre os átomos de nitrogênio e que torna a molécula quase inerte (VIEIRA, 2017).

Para absorção pelas plantas, torna-se necessário a transformação do N_2 em formas assimiláveis, como: amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e pela fixação biológica de N_2 tanto em sistemas livres quanto simbióticos, por meio de bactérias formadoras de nódulos nas raízes de plantas da família Leguminosae (JONES et al., 2013). Porém, a cultura do cártamo não se enquadra no grupo das leguminosas, necessitando de uma maior quantidade de fertilizante nitrogenado, contudo está adubação faz aumentar os custos de produção (MAGALHÃES, 2017). Portanto, torna-se importante conhecer a real demanda do nutriente nitrogênio pela cultura do cártamo.

Com objetivo de avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de adubo nitrogenado em cobertura, sobre os componentes diretos e indiretos na produção de aquênios na cultura do cártamo, conduziu-se na região de Toledo-PR o presente experimento.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo, em uma pequena propriedade rural no município de Toledo, PR, com a seguinte localização geográfica: latitude 24°32’35” Sul, longitude 53°47’41” Oeste e altitude média de 375 metros. A pesquisa foi conduzida entre os meses de maio a outubro de 2018, totalizando 141 dias.

O clima em Toledo é do tipo Cfa subtropical, sem estação seca definida. Apresenta temperatura média anual de 19,4°C e pluviosidade média anual de 1.483 mm (CLIMATE-DATA, 2019; IAPAR, 2000).

Os ensaios foram conduzidos numa área de Latossolo Vermelho eutroférrico (SANTOS et al., 2013). Amostras de solo foram coletadas numa profundidade de 0-20 cm e encaminhadas para análise física e química. Na análise física feita pelo método do densímetro (DONAGEMMA et al., 2017), detectou-se a seguinte granulometria: areia de 20%, silte 18,75% e argila 61,25%, ou seja, uma classe textural muito argilosa (SANTOS et al., 2015). Os atributos químicos do solo apresentaram as seguintes características: pH ($CaCl_2$) 5,10; MO (g dm^{-3}) 30,96; P (mg dm^{-3}) 35,25; K, Ca, Mg, Al, H + Al, SB, $CTC_{pH\ 7.0}$ ($Cmol_c$ dm^{-3}) 0,63; 8,67; 2,35; 0; 6,21; 11,65 e 17,86 respectivamente; e V (%) 65,23.

O experimento foi conduzido numa área com sistema de preparo convencional (1 aração + 2 gradagens), e num solo cultivado anteriormente com *Glycine max*. Antes da semeadura, as sementes de cártamo foram tratadas com produto inseticida Cropstar®. A semeadura mecanizada ocorreu no dia 15 de maio de 2018, estação de outono para o hemisfério Sul, com cultivar IMAmt S-518, estande final de 440.000 plantas por hectare. Em conjunto da operação de plantio, foi realizada adubação de base com fertilizante mineral misto 10-15-15 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$), na dose de 300 kg ha^{-1}.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 4 repetições e 5 tratamentos, totalizando 20 parcelas de 31,5 m^2 cada. Foram avaliadas 5 diferentes quantidades de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 Kg ha^{-1}) na forma de uréia (45% N), incorporado manualmente aproximadamente 10 cm das linhas de cártamo em cobertura, 30 dias após a emergência das plantas (DAE) e com solo úmido.

Quando do estádio de floração plena, coletou-se dados morfométricos das plantas de cártamo. A colheita foi realizada no dia 03 de outubro de 2018, nas duas linhas centrais de cada parcela (6 metros lineares), sendo os valores médios para rendimento de aquênios corrigidos para uma população 440.000 plantas por hectare, usando a fórmula proposta por Zuber (1942), e a massa de aquênios ajustada para 11% de umidade.

Dos dados quantitativos de rendimento de aquênios de cártamo, em função do fertilizante nitrogenado aplicado, buscou-se ajustar curva de resposta por meio de trinômio de segundo grau. Da derivada do polinômio gerado obteve-se a Equação 1, utilizada para definir a dose mais econômica de nitrogênio, conforme Raij (1991):

$$N' = \frac{a_1 - (c/v)}{2 - (-a_2)} \qquad (1)$$

em que N' = dose mais econômica do fertilizante nitrogenado, em Kg ha^{-1}; c = custo unitário do adubo; v = valor de produto (grãos de cártamo); a_1 = segundo termo da equação de segundo grau; a_2 = terceiro termo da equação de segundo grau.

Dados obtidos foram averiguados quanto à homogeneidade da variância pelo teste de Bartlett, e quanto à normalidade da distribuição dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância com aplicação do teste "F" a 5% de probabilidade. Quando significativo, ajustaram-se equações de regressão para as médias das variáveis quantitativas. Análises foram realizadas utilizando os procedimentos disponíveis no software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2010).

Resultados e discussão

Dados obtidos para os ensaios de campo, demonstram que o fertilizante nitrogenado influenciou sem diferir a variável altura da parte aérea (Tabela 1), indicando não haver uma resposta significativa da variável considerada em função das distintas quantidades de nitrogênio aplicado em cobertura, conforme procedimentos adotados nesta pesquisa.

Entretanto, houve diferença estatística a nível de 5% de significância, para as variáveis fenotípicas: massa seca da parte aérea e rendimento de aquênios. Logo, houve efeito das doses crescentes de N-uréia nas variáveis supracitadas e, por consequência, na produtividade da cultura.

Tabela 1. Valores médios fenotípicos de produtividade de cártamo em função das diferentes quantidades de nitrogênio aplicado em cobertura, Toledo-PR 2018.

Tratamento (kg ha^{-1} N)	H (cm)	MSPA (g $planta^{-1}$)	RA (Kg ha^{-1})
0	120,55	28,18	114,82
50	119,52	34,67	514,98
100	125,50	33,66	437,14
150	123,82	41,61	477,71
200	123,55	37,82	375,55
F	0,524 ns	4,767*	3,356*
C.V. (%)	5,58	13,00	45,23
Regressão	-	Y=29,944+0,0524**N	Y=160,601+6,0325N-0,0253*N^2
R^2	-	0,6882	0,7853

Nota. H = altura da parte aérea, em cm; MSPA = massa seca da parte aérea, em g $planta^{-1}$; RA = rendimento de aquênios, em kg ha^{-1}. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade, (P<0,01). * significativo ao nível de 5% de probabilidade, (0,01≤P<0,05); ns = não significativo, (0,05≤P).

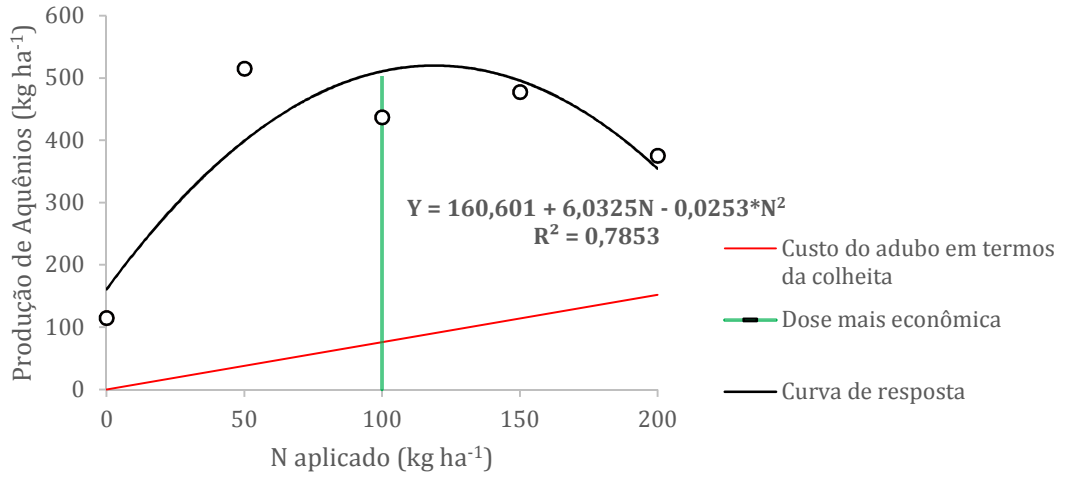
Sampaio (2016), em pesquisa sobre variações de adubação, densidade e épocas de semeadura para a cultura do cártamo na região de Cascavel, PR, também não constatou influência significativa de um fertilizante misto 4-14-8 (NPK), nas doses de 0, 200, 400, 600 e 800 Kg ha^{-1}, sobre a variável altura de planta.

Para os valores fenotípicos de MSPA (Tabela 1), verificou-se apenas efeito linear do nitrogênio, de modo que não se comprovou efeito quadrático, por meio de curva. Na a equação de regressão, o coeficiente X (N) mostrou-se positivo, indicando um incremento na MSPA à medida que as doses de nitrogênio aumentaram. Na ocasião, para cada quilograma de N adicionado, dentro do intervalo considerado, o incremento na variável MSPA foi de 0,0524 gramas por planta.

A possibilidade de se estabelecer uma relação funcional, também foi constatada para os valores de rendimento de aquênios, porém, neste caso verificou-se o efeito quadrático das doses de nitrogênio, representado por meio de equação de segundo grau (Tabela 1). Para a equação de regressão ajustada, o valor máximo (a < 0) da função quadrática foi de 119 kg de N por hectare. Contudo, quantidades superiores de N aplicado em cobertura (doses de 150 e 200 kg ha^{-1} de N), influenciaram negativamente, acarretando redução na produtividade de aquênios e, por consequência, a curva de respostas apresentou um comportamento descendente (Figura 1).

Muitas vezes, o ponto que correlaciona a dose ideal do nutriente à máxima produtividade (~120 kg ha^{-1} de N), não é o melhor indicador a se basear, mas sim, o ponto no modelo que representa a dose mais econômica. A dose mais econômica corresponde a quantidade de N, acima da qual, o valor do aumento no rendimento de grãos não mais supera o custo deste fertilizante. Para efeito de cálculo, admitiu-se o custo unitário do adubo de 0,76 kg de cártamo por quilograma, ou seja, neste caso se convencionou usar o próprio grão de cártamo como valor de troca, ao invés de moeda corrente (Figura 1).

Figura 1. Curva de resposta do rendimento de aquênios de cártamo ao fertilizante nitrogenado.



Nota. Linha de custo unitário de adubo em termos de produto e indicação de dose mais econômica. Fonte: elaborado pelos Autores (2019).

Quando o valor do incremento em produção é exatamente igual ao custo do nutriente, atinge um nível de aplicação acima do qual a adubação dá prejuízo e que corresponde a dose mais econômica (RAIJ, 1991).

Para obter o máximo lucro por unidade de área, os ensaios conduzem para a dose mais econômica de 105 kg de N por hectare, obtido pela aplicação da Equação 1, e levando-se em consideração uma relação de preço de 0,76. Dose está, cerca de 11,9% inferior àquela registrada para produção máxima de aquênios. Cabe ressaltar que a relação de preço (0,76) não é fixa, cabendo o interessado compor o valor mais conveniente conforme condições de mercado.

Conclusões

Em face as particularidades de condução do presente trabalho, pode-se afirmar que a adubação nitrogenada em cobertura influenciou de forma significativa as variáveis massa seca da parte aérea e rendimento de aquênios. A dose de máxima eficiência técnica, para obtenção de boa produtividade no cultivo de cártamo na região de Toledo-PR, é de 120 kg ha^{-1} de N. Contudo, torna-se mais conveniente utilizar um valor que represente a dose mais econômica, neste caso o valor de 105 kg ha^{-1} de N será mais apropriado, para obtenção do máximo lucro por unidade de área e portanto melhor sustentabilidade no negócio.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para cidades mundiais:** Toledo, PR. 2019. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/toledo-31828/. Acesso em: 25 fev. 2019.

CORONADO, L. M. **El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México.** México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2010. 96 p.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H. H. **Safflower.** *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome, Italy: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 83 p.

DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H. M.; ALMEIDA, B. G. de; RUIZ, H. A.; KLEIN, V. A.; DECHEN, S. C. F.; FERNANDES, R. B. A. Análise granulométrica. *In*: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017. cap. 10, p. 95-116.

FERREIRA, D. F. **Sisvar:** sistema para análise de variância de dados balanceados, versão 5.6. Lavras: UFLA, 2010.

FRANCO, J. A. M.; NETO, A. S. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria-prima. *In*: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira.** Piracicaba, SP: IPNI, 2007. p. 73-107.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Carta climáticas do Paraná.** 2000. Disponível em: http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597. Acesso em: 05 jun. 2018.

JONES, R.; OUGHAM, H.; THOMAS, H.; WAALAND, S. **The Molecular Life of Plants.** UK: Wliley-Blackwell, 2013.

KITANO, M. *et al.* Ammonia synthesis using a stable electride as an electron donor and reversible hydrogen store. **Nat. Chem.**, v. 4, p. 934-940, 2012.

MAGALHÃES, J. R. **Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de *Carthamus tinctorius* L.** 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação.** Piracicaba, SP: Ceres: Potafos, 1991. 343 p.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente.** São Paulo: ANDA, 2017. 178 p.

SAMPAIO, M. C. **Cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) sob variação de adubação, densidades e épocas de plantio.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

SANTOS, H. G. dos *et al*. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 163 p.

ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. **Journal of the American Society of Agronomy,** Madison, v. 34, n. 1, p. 30-47, 1942.

O USO DA METODOLOGIA EMERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE ORIUNDO DE PALMÁCEAS

Daniel Sena Marins[1]; Reginaldo Ferreira Santos[1]

[1] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel-PR, Brasil. Autor correspondente: daniel.gelk@hotmail.com*

Resumo

A biomassa, considerada como fonte renovável de energia é utilizada na produção de biocombustíveis como biodiesel, etanol e biogás. O biodiesel é consumido majoritariamente em motores de ciclo diesel e pode ser usado e aplicado de diferentes maneiras, uma delas é como biocombustível do setor aeronáutico (drop-in) após ser submetido a processos termoquímicos como craqueamento, pirólise ou destilação (bioquerosene). Esses biocombustíveis drop-in representam parte da matriz energética mundial por alguns países desenvolvidos e subdesenvolvidos, porém, ainda não são mundialmente consolidados devido a altos custos, desafios tecnológicos de processos de obtenção e suas matérias-primas. No Brasil já foi testado e estudado o uso de bioquerosene obtido de diversos métodos como combustível para aeronaves, sendo a obtenção de bioquerosene a partir de ésteres de ácidos graxos leves oriundos da transesterificação de óleos de palmáceas (macaúba, jerivá, butiá, palma) o método considerado mais viável. Neste contexto, o objetivo deste resumo é abordar uma revisão bibliográfica aplicando a metodologia emergética proposta por Odum (1980), como uma ferramenta para avaliar a sustentabilidade e viabilidade econômica da produção de bioquerosene a partir de palmáceas, levando em consideração todos os fatores energéticos necessários para gerar fluxo ou estoque (água, sol, vento, chuva, solo, produtos químicos, equipamentos industriais, mão-de-obra, insumos agrícolas, etc) desde a fonte primária de energia (energia solar) e/ou a energia consumida ao longo do processo, matérias-primas, recursos naturais e informações. Através da modelagem das integrações de saída e entrada das propriedades externas e internas de produção, obteve-se resultados reais de transformidade, carga ambiental, emergia específica, rendimento energético, renovabilidade e uma série de outros fatores. Como resultado principal, a simulação aponta que devido a tecnologia atual de plantio e colheita de palmáceas não são compatíveis com métodos de produção de bioquerosene, apontando que a entrada liquida de energia é superior à de saída, apontando ainda ser um método de produção inviável.

Palavras-chave: *Biomassa. Biocombustíveis (drop-in). Biodiesel. Transesterificação. Fatores energéticos.*

ODUM, H. T. (1980). Biomass and Florida's future. p. 58-67 in: A Hearing before the Subcommittee on Energy Development and Applications of the Committee on Science and Technology of the U.S. House of Representatives, 96th Congress. Government Printing Office, Washington, D.C.

OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL NA ÁFRICA SUBSAARIANA

Ianda, F. Tito[1]
Sales, A. Emerson[2]
Nascimento, N. Ademar[3]

RESUMO – A produção e uso de biodiesel como alternativa ao combustível fóssil torna-se cada vez mais necessário nos países da África Subsaariana, em razão da crônica escassez de energia e forte dependência da importação de petróleo para a obtenção de diesel. Dados pesquisados ao longo do presente trabalho indicam que a maioria desses países compromete entre 10% e 25% dos seus respectivos Produto Interno Bruto (PIB) com importação de petróleo. Assim, visando a redução desse impacto na economia local, a utilização de oleaginosas para a produção de biodiesel vem sendo implantada em várias nações da região a partir de 2009, muito embora ainda enfrentem grandes desafios relacionados à seleção de culturas e correspondentes áreas aptas ao cultivo, bem como ao alto custo de produção, o que vem dificultando a entrada de empresas privadas nesse segmento. Neste contexto, o presente artigo analisa o ciclo de produção otimizado de biodiesel na África Subsaariana, levando-se em consideração diferentes tipos de restrições, a exemplo de mercado, tecnologia disponível e meio-ambiente. Para alcançar este objetivo da pesquisa, ainda em processo, vem empregando modelagem matemática em programação linear como uma metodologia inicial para o problema de minimização de custos de produção de biodiesel na região em estudo. Com base nessa modelagem demonstrou-se ser possível estabelecer diferentes cenários de custos mínimos com base em análise de sensibilidade, uma vez consideradas as restrições estabelecidas. Os resultados otimizados dos níveis de produção em suas correspondentes áreas indicam que podem ser gerados volumes de biodiesel suficientes para substituir grande porcentagem do diesel fóssil, implicando, portanto, na desejável redução dos elevados dispêndios financeiros com importações de petróleo. A programação matemática envolveu ainda metodologia de análise envoltória de dados diante das diferentes culturas de oleaginosas empregadas nos vários países analisados (girassol, palma de dendê, mamoneira, *jatropha curcas* e semente algodão) gerando uma classificação das mesmas no âmbito de rendimento agrícola e custos de produção.

Palavras-chave: África-Subsaariana, biodiesel, otimização, produção.

[1] *Universidade Federal da Bahia, Brasil. Doctorate Student*
[2 3] *Universidade Federal da Bahia, Brasil. Professor*

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOMASA E ETANOL CELULÓSICO A PARTIR DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

Jackson Eduardo Schmitt Stein[1], Andersson Daniel Steffler[2], Eduardo Canepelle[2], Darlan Weber da Silva[2], Marciel Redin[3]

[1] *Aluno Curso Agronomia Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), jackson.s.stein@hotmail.com*

[2] *Aluno Curso Agronomia Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS),*

[3] *Professor orientador de Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).*

Resumo

O petróleo, recurso natural não renovável, é atualmente uma das principais fontes energéticas mundiais. Pesquisas por fontes renováveis e sustentáveis de produção energética, são evidentes. Deste modo, surge a utilização de plantas de cobertura do solo de duplo propósito, que não só atendam a prática de proteção do solo, mas também possam ser utilizadas em biorrefinarias para a produção de bioenergia. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa de diferentes plantas de cobertura do solo de estação primavera/verão, e posteriormente, realizar uma análise literária da viabilidade do uso destas cultivares para a produção de energia em biorrefinarias. As plantas de cobertura de solo foram conduzidas em delineamento de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 3 repetições; *Canavalia einsiformis, Cajanus cajan, Crotalaria spectabilis, Penisetum glaucum, Crotalaria juncea, e P. glaucum + C. juncea*. As espécies foram semeadas manualmente, em condições naturais de clima e solo, sem controle de pragas e doenças. A determinação de biomassa foi realiza no pleno florescimento das espécies. A análise da viabilidade do uso das cultivares para a produção de energia em biorrefinarias foi feita através de uma análise literária disponível, utilizando modelos teóricos de produção de etanol. A produtividade de biomassa seca foi maior no consórcio entre P. *glaucum + C. juncea,* produzindo 13.872 kg/ha, as espécies de *C. juncea*, *P. glaucum* e *C. cajan* produziram respectivamente, 13.113 kg/ha, 8402 kg/ha e 7573 kg/ha e, não diferiram estatisticamente. A avaliação da produção teórica de etanol celulósico foi maior no tratamento com as espécies de *Crotalaria juncea + Penisetum glaucum*, rendendo 1.804 litros de etanol/ha. A utilização de algumas destas espécies pode ser potencialmente relevante em biorrefinarias para a produção de energia.

Palavras-chave. Energia, Bioenergia, Biorrefinaria, Sustentabilidade.

Introdução

Nos últimos anos a população brasileira está em crescimento, juntamente com o consumo energético aliado a renda per capita (EPE, 2017). Atualmente, o petróleo destaca-se como a principal fonte energética mundial, no entanto, é considerado um recurso não renovável e por este motivo surge novas pesquisas com objetivo de descoberta de fontes renováveis e sustentáveis de produção energética. Existe um número crescente de trabalhos relacionados a

utilização de tecnologias já existentes em equipamentos de refinarias de petróleo, para a possível conversão e utilização nas chamadas biorrefinarias (Pervaiz & Correa, 2009) que serão usadas na produção de combustíveis, energia e produtos químicos basebio e, utilizam biomassa vegetal ou animal para a produção de energia.

Neste sentido, os sistemas agrários buscam cada vez mais utilizar os recursos disponíveis (água, luz solar e nutrientes) com eficácia e agregar os 3 pilares da sustentabilidade, socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente correto (Sontag et al., 2016). A produção de plantas alternativas, conhecidas como plantas de cobertura de solo (palhada), são escolhidas por características peculiares como a grande produção de biomassa, rusticidade as adversidades edafoclimáticas (Ferreira, 2018), e também as suas características físico-químicas que compõe sua biomassa vegetal (Redin, 2010). Além disso, buscam-se plantas que possam ser utilizadas no período de entressafra. No entanto poucas pesquisas dentro da região Celeiro no Rio Grande do Sul remetem a utilização de plantas de cobertura do solo de duplo propósito, ou seja, que não só atendam a produção de cobertura do solo e seus múltiplos benefícios na agricultura, mas também possam ser utilizadas em biorrefinarias para a produção de bioenergia. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa de diferentes plantas de cobertura do solo de estação primavera/verão, e posteriormente realizar, incluindo uma revisão literária, uma projeção do rendimento de etanol em biorrefinarias.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de campo na estação de primavera/verão de 2018 no município de Bom Progresso – RS, na área experimental da Escola Técnica Estadual Celeiro (ETEC). O solo da área experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e três repetições: feijão de porco (*Canavalia einsiformis*), guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária espectabilis (*Crotalaria spectabilis*), milheto (*Penisetum glaucum*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), e milheto (*P. glaucum*) + crotalária juncea (*C. juncea*). As espécies foram semeadas manualmente, em condições naturais de clima e solo, sem controle de pragas e doenças. As plantas de crescimento espontâneo foram controladas com capinas manuais (quinzenais).

A determinação de biomassa aérea das plantas foi realiza no pleno florescimento das espécies. Para tal, foram cortados dois segmentos de linhas centrais de 50 cm cada. No consórcio entre milheto e crotalária juncea, foi realizada a separação do material de cada uma das cultivares para análise individual de suas respectivas biomassas. As amostras coletadas foram colocadas em estufa a 65ºC até atingirem peso constante. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (Anova) os tratamentos que apresentaram diferença estatística foram submetidos ao teste Tukey a 5%. A análise da viabilidade do uso das cultivares para a produção de energia em biorrefinarias foi feita através dos resultados encontrados neste trabalho em consonância aos da literatura. Para calcular a rentabilidade em litros de etanol produzidos por hectare foi utilizado o modelo proposto por Santos (2012), adotando os seguintes rendimentos: hidrólise: 1,11 g/g, fermentação: 0,51 g/g e densidade do Etanol: 0,79. Foram realizadas as conversões da produtividade dos compostos celulósicos encontradas na literatura para uma mensuração teórica da produtividade de etanol em litros por hectare (L/ha).

Resultados e discussão

A produtividade de biomassa seca foi estatisticamente maior no tratamento consorciado entre milheto e crotalária juncea chegando na produção total de 13872 kg/ha, 57% deste peso equivale a cultura do milheto, os outros 43% são da cultura da crotalária juncea (Tabela 1).

Seguido dos melhores desempenhos em produção de biomassa seca, as espécies de crotalária juncea, milheto e feijão de porco produziram respectivamente, 13113,50 kg/ha, 8402,04 kg/ha e 7573,21 kg/ha e, não diferiram estatisticamente (Tabela 1). As menores produções de biomassa foram das espécies de feijão de porco, guandu anão e crotalária espectabilis, que produziram respectivamente 7573,21 kg/ha, 6160,64 kg/ha e 2078,94 kg/ha, não houve diferença estatística no entanto a menor média foi encontrada no tratamento com crotalária espectabilis (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade de matéria seca das espécies de plantas de cobertura de solo.

Espécies	Nome científico	Matéria seca (kg/ha)	CV %
Feijão de porco	*Canavalia einsiformis*	7.573 bcd	27.20
Guandu anão	*Cajanus cajan*	6160 cd	25.16
Crotálaria espectabilis	*Crotalaria spectabilis*	2.078 d	27.52
Milheto	*Penisetum glaucum*	8.402 abc	5.27
Crotálaria juncea	*Crotalaria juncea*	13.113 ab	36.62
Milheto + Crotálaria juncea	*P. glaucum* + *C. juncea*	13.872 a	4.35

*Letras diferentes representam a diferença estatística entre os tratamentos. CV geral: 26,46.

No início dos anos 1960 até os meados dos anos 1990 a crotalária juncea era utilizada para a produção de celulose na indústria do papel, elencada pelos trabalhos de Medina et al. (1961) e, Azzini et al. (1981). O resultado destes estudos foi de que a produção de fibras de crotalária juncea pode chegar a 3t/ha rendendo até 60% desta massa em celulose e, o potencial produtivo na indústria é reduzido quando estas plantas são cultivadas num período de permanência no campo menor que 90 dias. Os valores encontrados referentes a estas pesquisas estão sujeitos ao ano da pesquisa e condições edafoclimáticas do local e tipo de solo. Neste sentido, é importante analisar as características da época do estudo em relação as perspectivas futuras, os anos de 1960 a 1980 foram caracterizados pelo início da indústria da celulose no Brasil (Silva et al., 2014), que remetem a utilização da espécie referida somente para a produção de celulose/papel, são raros os estudos que remetam a quantificação química da biomassa das espécies estudadas com o propósito de sua devida utilização em biorrefinarias.

O trabalho de Carvalho et al. (2010), realizou uma análise dos teores médios de hemicelulose, celulose e lignina em diferentes espécies de plantas de cobertura, encontrando uma produção de 3,14 t/ha de biomassa seca em crotalária juncea, equivalente a 18,57% de celulose (tabela 2).

Tabela 2: Produção de matéria seca, teores médios de hemicelulose, celulose e lignina em diferentes espécies de plantas de cobertura, Planatina, DF, 2009. Adaptado de Carvalho et al., (2010).

Plantas de cobertura	Matéria Seca T/ha Floração | Maturação	Hemicelulose %	Celulose %	Lignina %
Crotalária juncea	3,14 | 3,10	14,43	18,57	4,34
Penisetum glaucum	6,56 | 2,80	30,20	17,82	3,40

Além disso, considerando o rendimento da biomassa seca em floração encontrada nas espécies de *Crotalaria juncea* e *Penisetum glaucum* avaliadas neste trabalho em comparação as mesmas espécies avaliadas no estudo de Carvalho et al. (2010), (tabela 2), é possível notar um aumento significativo da biomassa seca em floração de *C. juncea* e *P. glaucum* de 317% e 28%, respectivamente. O rendimento de um modelo teórico da produção de etanol celulósico foi descrito no trabalho de Santos (2012) e, pode ser utilizado neste trabalho remetendo as informações encontradas sobre a produtividade de biomassa seca de crotalária juncea e milheto no rendimento de etanol celulósico, descritos na tabela 3.

Tabela 3: Rendimento teórico de etanol produzido por hectare utilizando o modelo descrito por Santos (2012). Adotando os seguintes rendimentos: Hidrólise: 1,11 g/g, Fermentação: 0,51 g/g e Densidade do Etanol: 0,79.

Espécies	Biomassa seca (Kg/ha)	Rendimento de celulose (Kg/ha)	Rendimento de Etanol L/ha
Crotalária juncea *(Crotalaria juncea)*	13.113	2.435	1.745
Milheto *(Penisetum glaucum)*	8.402	1.497	1.073
Milheto + Crotálaria juncea *(P. glaucum + C. juncea)*	13.872	2.517	1.804

O maior rendimento de etanol celulósico foi encontrado no consórcio entre milheto e crotalária juncea, com o valor de 1.804 litros de etanol/ha, supõe-se que esta produção esteja relacionada com a maior produtividade de biomassa encontrada no consórcio, considerando que as cultivares podem ser utilizadas na estação primavera-verão no período de entressafra são alternativas a ser utilizadas como fonte de renda extra aos produtores.

Conclusões

O consórcio de *Crotalaria juncea* + *Penisetum glaucum* apresenta maior produção de biomassa seca da parte aérea, equivalente a 13872,00 kg/ha.

A biomassa da parte aérea de *Crotalaria juncea* + *Penisetum glaucum* apresenta, entre as espécies estudadas, o maior potencial teórico de produção de etanol celulósico, 1804,00 litros de etanol/ha.

Referências Bibliográficas

AZZINI, Anísio; SALGADO, Antonio Luiz de Barros; TEIXEIRA, João Paulo F. Curva de maturação da Crotalaria juncea L. em função da densidade básica do caule. Bragantia, Campinas, 1981 v. 40, n. 1, p. 1-10. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051981000100001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 22 abr. 2019.

CARVALHO, A. M.; DANTAS, R. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P.; FONSECA, O. P. & GUIMARÃES JÚNIOR, R. 2010. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 15 p - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013 Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação. 353p.

FERREIRA, Paula Santos. Plantas de cobertura no controle de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*. 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.777. Acesso em: 17 Mai, 2019.

FIGUEIREDO, E. A. P. de; SOARES, J. P. Sistemas orgânicos de produção animal: dimensões técnicas e econômicas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. Anais eletrônicos... Brasília, DF: SBZ, 2012. 31 p. Disponível em: . Acesso em: 22 Abr. 2019.

MEDINA, Júlio César; CIARAMELLO, Dirceu; PETINELLI, Armando. Resultados experimentais com a cultura da Crotalaria juncea L. L., como planta produtora de celulose para papel. Bragantia, Campinas, 1961 v. 20, n. unico, p. 659-668, Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051961000100026&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 25 abr. 2019. http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051961000100026.

NASCIMENTO, Claudio Augusto Oller; MORO, Lincoln Fernando Lautenschlager. Petróleo: energia do presente, matéria-prima do futuro? May 2011. Rev. USP, São Paulo, n. 89. Disponível em <http://rusp.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-99892011000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 abril. 2019.

PERVAIZ, Muhammad; CORREA, Carlos A. Biorefinaria: desenvolvimento de plataformas químicas através de tecnologias integradas de biomassa. **Polímeros**, 2009. São Carlos, v. 19, n. 1, p. E9-E11, Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282009000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 abr. 2019.

REDIN, Marciel., COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA E DECOMPOSIÇÃO DA PARTE AÉREA E RAÍZES DE CULTURAS COMERCIAIS E PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO, 2010. Universidade Federal De Santa Maria Centro De Ciências Rurais Programa De Pós-Graduação em ciência do solo. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, Fernando A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Quím. Nova, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000500025&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 30 abr. 2019.

SILVA, Carlos, A.F., BUENO, Jefferson, M., NEVES, Manoel, R.. A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL NO BRASIL., 2014 – Guia ABTCP. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_ABTCP_Panorama_Setorial.pdf Acesso em: 22 abr. 2019.

SONTAG, A. G.; DA SILVA, E.; HOFER, E. - ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE NO MEIO RURAL: ESTUDOS PUBLICADOS NO BRASIL DE 2005 A 2014. Revista de Gestão Social e Ambiental; São Paulo Vol. 10, Ed. 2, (May-Aug 2016): pg 70-86.

Potencial Produtivo de Biomassa de Cártamo em Genótipos cultivados em Épocas de Semeadura no Oeste do Paraná.

Fernando Kaiser[1], Reginaldo Ferreira Santos[2], Doglas Bassegio[3], Ricielly Eloyze Rosseto[3], Júlia Palaoro Triches[4].

[1]*Graduando em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), FE_KAISER@HOTMAIL.COM.*

[2] *Doutor, coordenador do Núcleo de Inovação Tecnológicas (NIT) da UNIOESTE.*

[3]*Mestre em energia na agricultura pela UNIOESTE.*

[4]*Graduando em Engenharia Agrícola pela UNIOESTE.*

Resumo

Com a expansão da utilização do sistema plantio direto, o solo tem apresentado melhorias expressivas em sua qualidade físico-química em regiões tropicais e subtropicais, isto devido ao aumento dos estoques de matéria orgânica no solo, ou seja, quanto maior o poder de uma cultura produzir grãos e biomassa seca (massa seca), maior será o ganho para o solo. Portanto este trabalho tem por objetivo avaliar o tempo de ciclo e produção da biomassa seca de genótipos de cártamo em diferentes épocas de cultivo. O experimento foi instalado e conduzido em condições de campo na área experimental pertencente à UNIOESTE, localizado na cidade de Cascavel, Paraná, Brasil, onde o solo é caracterizado como Latossolo vermelho distrófico e clima subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano. O delineamento experimental utilizado foi definido em esquema fatorial 6x6 com 3 repetições (6 genótipos, 6 épocas e 3 parcelas), sendo cada parcela constituída por 1 linha de plantio com 4 metros de comprimento, com espaçamento estre linhas de 0,45 metros. A instalação do experimento ocorreu entre os meses de março e maio de 2018, com plantio espaçados em 15 dias iniciando em 1º de março e finalizando em 15 de maio, totalizando 6 épocas de plantio. Quando cada parcela completou o ciclo de maturação a colheita foi realizada, sendo retiradas 2 plantas ao acaso por parcela (linha) a fim de realizar a pesagem seca da biomassa. Após a retiradas dos grãos, os restos vegetais foram acondicionados em sacos de papeis e secos em estufa por 72 horas a 65 Graus Celsius, estas foram posteriormente pesadas e extrapolados para ton. $_x ha^{-1}$*. Os dados foram testados pelo teste de Tukey a 95% de significância, mostrando que houve interação significativa entre a época de cultivo e os genótipos no potencial de produção de biomassa seca nos acessos de cártamo testados.*

Palavras-chave. *Carthamus Tinctorius L.,* Rotação de Culturas, Práticas de Manejo, Culturas Energéticas, Energias Renováveis.

Introdução

Sistemas de cultivo conservacionistas hoje utilizados, como o plantio direto, apresentam melhorias expressivas na qualidade do solo em regiões tropicais e subtropicais devido ao aumento dos estoques de matéria orgânica, que promovem uma estabilidade dos agregados, seja ela química ou física (BALESDENT et al., 2000).

Porém, para que tal sistema de cultivo obtenha sucesso em promover uma melhoria no solo é necessário que se atenda alguns quesitos básicos, como a implantação do sistema de rotação de culturas, cujo os restos vegetais podem ser deixadas sobre a superfície e são incorporadas biologicamente no solo (HEINZMANN, 1985).

Para que seja realizada a rotação de cultura é necessária a adoção e implantação de uma espécie de cobertura, para isto, a qualidade e a quantidade de biomassa seca (palha) produzidas são fatores chaves a serem considerados na escolha da espécie de cobertura (ALVERENGA et al., 2001).

Pensando na sustentabilidade do solo e buscando retorno financeiro o cártamo (*Carthamus Tinctorius L.*) entra como uma alternativa para o cultivo na época da safrinha (MARTINS et al., 2016).

O cártamo (Carthamus tinctoris) é uma planta anual da família Asteraceae, originaria das regiões áridas da Índia, que se adapta bem em terrenos profundos, pouco compactados, com pH próximo da neutralidade, em locais com temperatura amena e com um mínimo de 350-400 mm ao longo do ciclo. A altura da planta de cártamo varia entre 30 e 150 cm, possuindo raízes extremamente fortes e caule com ramificações em número variável, lhe concedendo alto poder de penetração e alto volume de biomassa. Cada ramificação produz 1-5 capítulos de cor branca, amarela, laranja ou vermelha. Os frutos são do tipo aquênios, cada um dos quais com 15-30 sementes, na cor branca ou bege com cerca de 1 a 1,5 cm de comprimento, e um teor de óleo entre 30 e 45% (LICHSTON et al., 2010).

O perfil de ácidos graxos do óleo de cártamo, dada a elevada proporção de poli saturados, confere-lhe um alto valor dietético, sendo importante na redução dos níveis de colesterol e das doenças circulatórias e cardíacas. O óleo das variedades de cártamo contém cerca de 75% de ácido linoleico, proporcionando alto valor agregado ao produto, sendo o óleo utilizado na alimentação humana e também como óleo base para biodiesel (VIVAS, 2002).

De acordo com Khajehpour (1998), para se obter um maior rendimento de uma cultura é necessário ter conhecimento de como ocorre seu desenvolvimento, as condições ambientais favoráveis e desfavoráveis em todos os estágios da planta. O autor ressalta ainda a importância da época de semeadura devido a interferência que a mesma pode causar no rendimento e nas características agronômicas da cultura.

Hoje a poucas pesquisas relacionadas a viabilidade do cártamo como planta de cobertura e ainda proporcionar renda, portanto o objetivo deste trabalho é avaliar o tempo de ciclo e produção da biomassa seca de genótipos de cártamo em diferentes épocas de cultivo.

Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido em condições de campo na área experimental pertencente à UNIOESTE, localizado na cidade de Cascavel, Paraná, Brasil tendo latitude 24º53'47"S e longitude 53º32'09"W e altitude média de 785 m.

O solo desta região é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférrico e clima subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano.

O delineamento experimental foi definido em blocos ao acaso em esquema fatorial 6x6 com 3 repetições (6 genótipos, 6 épocas e 3 parcelas), sendo cada parcela constituída por 1 linha de plantio com 4 metros de comprimento totalizando 18 linhas de plantio por época.

A instalação do experimento ocorreu entre os meses de março e maio de 2018, com plantio espaçados de 15 em 15 dias iniciando em 1º de março e finalizando em 15 de maio, totalizando 6 épocas de plantio.

Os 6 genótipos escolhidos para o experimento foram identificados como A, B, C, D, E e F, todas com tempo de armazenamento igual a 2 anos em geladeira com temperatura média de 4 a 6º Celsius.

O plantio se deu em linhas, com espaçamento de 45 centímetros entre linhas e comprimento total de 4 metros por linha, sendo 3 repetições por genótipo, ou seja, 3 linhas para cada genótipo, totalizando 18 linhas de plantio por época. Correção do solo e adubação com NPK foram realizadas. A densidade de plantio adotada foi de 20 sementes por metro, ou seja, uma semente a cada 5 centímetros linear.

Após o plantio, cuidados diários de foram realizados, buscando visualizar pragas e o início da emergência das plântulas, buscando conhecer a emergência média dos genótipos.

Quando cada genótipo completou o ciclo de maturação a colheita foi realizada, sendo retiradas 6 plantas ao acaso por parcela (linha) a fim de se retirar os grãos dos capítulos e realizar a pesagem seca da biomassa restante. Após a retiradas dos grãos os restos vegetais dos cártamos eram acondicionados em sacos de papeis e secos em estufa por 72 horas a 65 Graus Celsius, posteriormente pesados em balança de precisão (gramas) com 2 casas de precisão, sendo estes dados posteriormente extrapolados para ton. $_{x}$ ha^{-1}.

Os resultados obtidos foram submetidos a analise estatística pelo teste de Tukey considerando uma fatorial época x genótipo, ou seja, se ouve diferença entre os genótipos dentro de uma mesma época de semeadura ou de um mesmo genótipo dentro das épocas de semeadura.

Resultados e discussão

Dados iniciais de emergência foram coletados e analisados, chegando a uma média de germinação de 16 plantas por metro linear, ou seja, uma germinação média de 80%. Esta média foi utilizada na extrapolação dos dados de biomassa (massa seca).

A Tabela 1 mostra dados referente a data de plantio de cada época de semeadura, a data de colheita da última parcela de cada época e o tempo de ciclo total para cada época. Nesta

observasse que há um incremento de tempo máximo de ciclo conforme o prolongamento da data de plantio, este comportamento pode ser explicado devido ao número de dias quentes que as primeiras épocas de plantio tiveram em relação as últimas, resultando assim em um acréscimo de 43 dias no tempo de ciclo da época 6 em relação a época 1.

Tabela 1. Datas de plantio, colheita e tempo de ciclo total de cada época de semeadura.

Datas de Plantio, colheita e tempo de ciclo 2018			
Época	Data Semeadura	Fim da última colheita	Tempo de ciclo (dias)
1	02/03/2018	20/06/2018	110
2	16/03/2018	29/07/2018	135
3	29/03/2018	22/08/2018	146
4	16/04/2018	15/09/2018	152
5	04/05/2018	01/10/2018	150
6	20/05/2018	20/10/2018	153

Fonte: Autores, 2019.

Realizada a colheita, remoção dos grãos, secagem e pesagem da matéria restante, obteve-se os dados extrapolados e exibidos na Tabela 2, seguida de sua respectiva interação ao nível de 95% de significância no teste de Tukey.

Tabela 2. Matéria orgânica seca total (MS) em ton. $_{x}$ ha^{-1}.

Genótipos	Épocas					
	1	2	3	4	5	6
1	8444 dAB	13224 aA	5141 aB	10224 abcA	10991 abA	3476 aB
2	8795 cdAB	9483 abAB	8984 aAB	12654 abA	12676 abA	6257 aB
3	10929 bcdA	7272 bAB	6700 aAB	9508 bcAB	9422 abAB	5126 aB
4	13778 abcA	5065 bB	7064 aB	7235 cB	8053 bB	3186 aB
5	16347 aA	5524 bBC	6657 aBC	9156 bcB	8958 bB	2571 aC
6	15517 abA	6631 bB	6782 aB	14783 aA	14476 aA	4151 aB

Letra minúscula – Interação entre os genótipos dentro de uma mesma época de cultivo.
Letra maiúscula – interação entre as épocas de cultivo dentro de um mesmo genótipo.

Fonte: Autores, 2019.

Verificando os dados e a estatística aplicada, observou-se que houve diferença estatística entre as médias, inclusive ao nível de 99% de significância, evidenciando a interferência da época de semeadura na produção de biomassa de cártamo.

Em relação a maior produção de biomassa, o genótipo 5 da época de plantio 1 obteve a maior média, porém não ficando estatisticamente diferente de outros genótipos em todas as épocas de plantio. As maiores médias de produção por época de plantio são respectivamente;

época 1 – genótipo: 5, 6 e 4; época 2 – genótipo: 1 e 2; época 3 – genótipo: 1 ao 6; época 4 – genótipo: 6, 2 e 1; época 5 – genótipo: 6, 2, 1 e 3; época 6 – genótipo 1 ao 6.

A interação entre as épocas de plantio dentro de cada genótipo evidencia a melhor época de plantio para cada genótipo, os resultados apresentam que as melhores épocas de plantio para cada genótipo são respectivamente: genótipo 1 – épocas 2, 5, 4 e 1; genótipo 2 – épocas 5, 4, 2, 3 e 1; genótipo 3 – épocas 1, 4, 5, 2 e 3; genótipo 4 – época 1; genótipo 5 – época 1; genótipo 6 – épocas 1, 4 e 5.

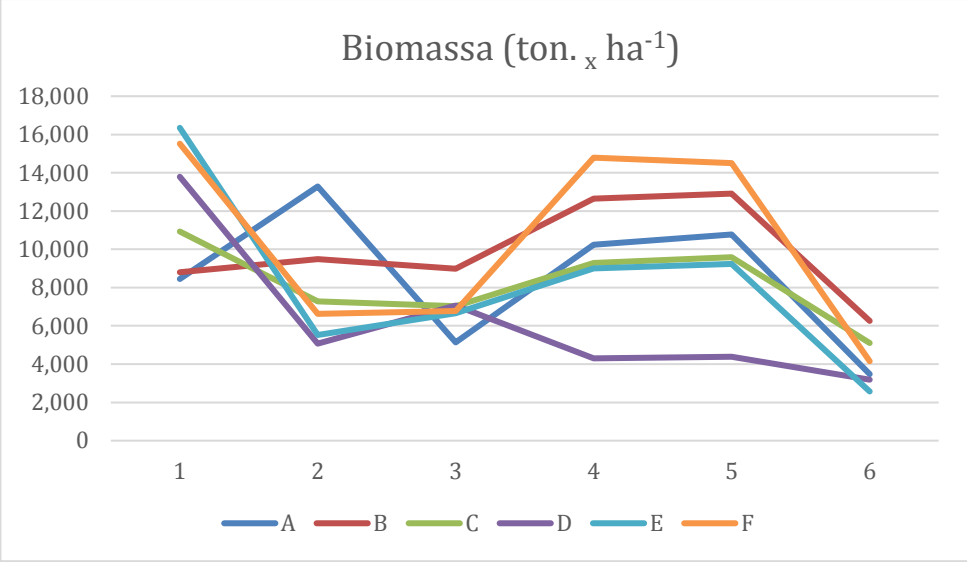
Em relação a intensidade de variação, as épocas 1 e 4 apresentaram as maiores variações das medias com 4 (a, b, c, d) e 3 (a, b, c) níveis de intensidade, respectivamente, ficando as épocas 3 e 6 com nenhuma interação significativa entre os genótipos dentro de cada época de plantio.

A possível explicação para ocorrência da interação entre a época de plantio, produção de biomassa e genótipos pode estar diretamente ligada a fatores climáticos da região como: precipitação, velocidade do vento, temperatura, incidência solar e umidade relativa do ar, cujo estes não foram avaliados para realização desde trabalho.

Resultados contrários foram encontrados por POSSENTI et al. (2016) que em seu estudo com cártamo avaliando-o como forrageira no período de safrinha (outono/ inverno), não obteve diferença estatística de sua produção de biomassa, sendo este testado em 2 épocas de cultivo.

A Figura 1 mostra os valores de produção médios de biomassa de cártamo relacionando época $_x$ semeadura, proporcionando uma melhor visualização dos dados médios obtidos.

Figura 1. Matéria orgânica total seca (MS) em ton. $_x$ ha^{-1}.



Fonte: Autores, 2019.

Conclusões

Com os resultados apresentados, concluímos que o tempo de ciclo total para o cultivo de cártamo com plantio entre os meses de março a maio varia de 110 a 153 dias.

Conclui-se também que há interação entre os fatores produção de biomassa, época de cultivo e genótipos para os acessos de cártamo testados.

Agradecimentos

A CNPQ e Fundação Araucária pelo apoio financeiro e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela oportunidade e estrutura.

Referências Bibliográficas

ALVARENGA, R. C., CABEZAS, W. A. L., CRUZ, J. C. E SANTANA, D. P. (2001) Plantas de cobertura para sistema plantio direto. *Informe Agropecuário*. V.22, N.208, pp. 25-36.

BALESDENT, J., CHENU, C. E BALABANE, M. (2000) Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research.* V.53, pp. 215-230.

HEINZMANN, F. X. (1985) Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V.20, pp. 1021-1030.

KHAJEHPOUR, M. R. (1998) Production of industrial crops. *Unit University of Technology of Isfahan. Fourth edition*, 274 p.

LICHSTON, J. E., SOUZA, V. H. M., SIQUEIRA, M., MEDEIROS, M. N. F., LIMA, E. R., LIMA, J. P. M. S. E COSTA, M. Adaptações anatômicas de cártamo (*carthamus tinctorius l.*) contra dessecação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. pp. 834-838.

MARTINS, G. L., TOKUDA, E., VAZ-TOSTES, D. P., LAURINDO, G. K., DAL BÓ, C. J. R., FRAGA, A. C. E NETO, P. C. Cártamo (*Carthamus trinctorius* L.) como alternativa para cultivo de safrinha**.** In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 6 & CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 9, 2016, Natal. **Anais – Trabalhos Científicos...** Lavras: UFLA, 2016. pp. 1432

POSSENTI, R. A., ARANTES, A. M., BRÁS, P., ANDRADE, J. B. E FERRARI JÚNIOR, E. (2016) Avaliação nutritiva da silagem de cártamo, produção de biomassa, grãos e óleo. *Instituto de Zootecnia*, V.73, N.3, pp. 236-243.

VIVAS, M. J. (2002) Culturas Alternativas – Cártamo, Sésamo e Camelina. *Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas.* V.38, pp. 183-192.

Preparation of biodegradable composites with peach palm biomass

Francielen Paola de Sá[1], Mirela Angelita Artner[2], Matheus Samponi Tucunduva Arantes[3], Mailson de Matos[2], Washington Luiz Esteves Magalhães[4]

[1] Engenheira Florestal, Embrapa Florestas, Colombo-PR, Brasil, francielen.sa@colaborador.embrapa.br.

[2] Pós-graduanda (o) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais (PIPE), Universidade Federal do Paraná.

[3] Graduando em Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná.

[4] Engenheiro químico, pesquisador da Embrapa Florestas.

Resumo

Peach palm (Bactris gasipaes) is a multi-purpose palm tree, mainly utilized for food industry (fruits and palm core), being important cash income for smallholders. Brazil is one of largest producers and consumers of heart-of-palm of the world. The peach palm is a perennial crop which has a great potential for replaces native palms of the genus Euterpe that is exploited in a predatory manner, to improve food security and achieve sustainable land use. During the production process the palm core, parts, such as of stipe, leaves, and, sheaths are discarded. Some of this material remains at the harvesting, but large amount become waste without suitable use. As a way to reuse the waste from peach palm agroindustry, the aim of this study was evaluating the effect with different proportions (10, 25 e 50%) of peach palm residues (basal part, internal, and, external sheaths) incorporated with PBAT (polybutylene adipate-co-terephthalate). Residues were collected from an agroindustry in Paranaense Coast to produce the composites, after that they were dried in an oven at 65-70ºC for 72 h, cut into small lengths on a Wiley mill and sifted through a mesh 35(500 µm). Then, a total of 120 g (residue + polymer) was used to each sample, composites' homogenization were conducted by a thermo kinetic homogenizer MH-100 equipment and thermal molded in the dimensions 120 mm x 120 mm x 3 mm by flat-pressing at 45 MPa, 120º C for 5 min in a hydraulic press Marconi MA 098/A. Increasing the proportion of the residue also increases swelling content, water absorption and decreases thermal stability. Overall, the three parts of peach palm can be used to produce the composites, which the most indicated proportions found were 10% and 25% of residue and, 90% and 75% of PBAT, respectively.

Key words. Polymer. *Bactris gasipaes*. waste management.

Processo de secagem natural da madeira para o uso como biomassa florestal na fumicultura no estado do Rio Grande do Sul

Mariani Carrion Ximendes[1], Bianca Andreis da Cunha[2], Carline Andrea Welter[3] Jorge Antonio de Farias.[4]

[1] *Aluna do programa de pós-gradução do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS, email: marianicx@outlook.com*

[2] *Aluna de graduação do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS*

[3] *Aluna do programa de pós-gradução do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS*

[4] *Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS*

Resumo

Dentre as atividades envolvidas na produção da cultura do tabaco o processo de cura, é a etapa mais importante, onde ocorre a secagem das folhas para permitir a comercialização. A biomassa florestal é protagonista nesse processo, onde a madeira em forma de lenha é utilizada para alimentar as unidades de cura. A qualidade da biomassa florestal como combustível é determinada por características físicas e químicas da madeira, onde se pode destacar o teor de umidade (TU) como uma das mais importantes, uma vez que está diretamente associada ao poder calorífico da madeira. A secagem da madeira ao ar livre é o método difundido e economicamente viável entre os pequenos produtores de tabaco, todavia as informações sobre a duração do período de secagem para as espécies florestais usadas para fins energéticos ainda são poucas. Nesse contexto o objetivo do estudo é avaliar o tempo necessário para a madeira atingir a umidade de equilíbrio, de forma natural, ao ar livre e com proteção contra as chuvas e diferentes espécies de florestais.

Palavras-chave. Biomassa florestal, fumicultura, qualidade da madeira.

Introdução

A biomassa florestal é comumente utilizada como fonte de energia em diversos processos industriais no país. O seu uso está intrinsicamente associado as mudanças climáticas, por uma demanda por energias mais renováveis e limpas, tanto quanto no acompanhamento das emissões atmosféricas quanto pelo potencial do sequestro de carbono (SALOMON, 2004).

No Brasil boa parte do uso de biomassa florestal está associado ao setor agrícola e no Rio Grande do Sul, a fumicultura é uma atividade de grande expressão econômica e social, que utiliza um grande volume de madeira na forma de lenha como fonte de energia para as unidades de cura das folhas de tabaco. Segundo dados da AFUBRA (2013), a lenha corresponde a cerca de 8% do custo de produção do tabaco da variedade “Virgínea”.

O uso de espécies do gênero *Eucalyptus* são bastantes difundidas para fins energéticos devido ao seu rápido crescimento e capacidade de adaptação em diversos tipos de solo e clima, contudo alguns autores destacam a necessidade de estudos acerca do manejo dessas espécies a fim de potencializar seu rendimento como fonte de energia.

O uso da biomassa florestal como matéria prima energética está diretamente associado a características físicas e químicas da madeira. Esses fatores são determinantes na obtenção de um combustível ideal, sendo a característica mais desejada, entre outras, o alto poder calorífico. Este, por sua vez, sofre grande influência da umidade uma vez que a presença de água livre na madeira compromete o poder calorífico, sendo que parte do calor gerado é consumido na evaporação da água (SANTOS et. al., 2013).

Para que ocorra uma combustão eficiente a madeira deve apresentar teores de umidade abaixo de 25%, pois teores superiores a esse valor, além de diminuir a quantidade de calorias, reduzem as temperaturas da câmara de queima e dos gases de escape. Sendo, muitas vezes, necessário um processo de pré-secagem da madeira, que seja prático e eficiente (PEREIRA, et al. 2000)

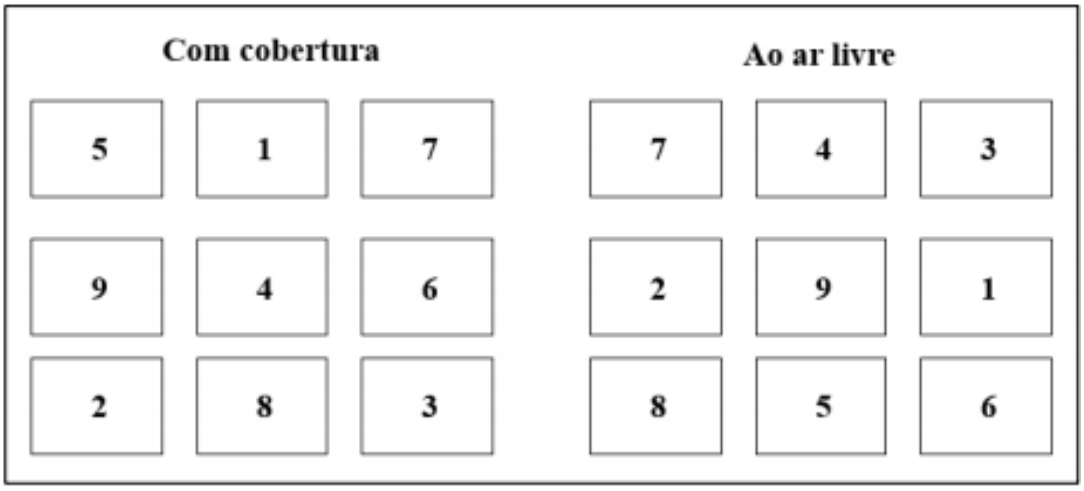
Diante do exposto, o objetivo do estudo é avaliar o tempo necessário para a madeira atingir a umidade de equilíbrio, de forma natural, ao ar livre e com proteção contra as chuvas e diferentes espécies de florestais utilizadas para cura do tabaco no estado do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Centro Mundial de Desenvolvimento Agronômico da Japan Tobacco International (ADET-JTI), localizado no interior do município de Santa Cruz do Sul-RS, na localidade de Cerro Alegre Baixo. As espécies utilizadas no experimento foram: espécies puras do gênero *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunnii*, *E. propinqua*) e híbridos clonais (Grancam, I144, 1528 e GPC23) e *Acacia mearnsii*. O corte das árvores ocorreu na semana do dia 11 a 15 de dezembro de 2017. As árvores foram seccionadas em toretes e dispostos em pilhas com volume aproximado de 1,0 m³, que foram montadas em 22 de dezembro de 2017 e alocadas aleatoriamente por sorteio, abrangendo as diferentes condições de exposição solar e de relevo da área.

Foram organizadas duas pilhas de estocagem para cada espécie, uma coberta por lona e outra ao ar livre (Figuras 1 e 2), das quais a cada 30 dias foram coletadas 3 amostras por pilha (discos centrais) para determinação de teor de umidade. Utilizaram-se paletes de madeira como base, para que a lenha não tivesse contato direto com a umidade do solo.

Figura 1 - Alocação das espécies florestais no experimento. Onde: 1) *E. saligna*; 2) *Acacia mearnsii*; 3) GPC 23; 4) *E. dunnii*; 5) i144; 6) 1528; 7) *E. propínqua*; 8) E. grancam; 9) *E. grandis*



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 - Aspecto do experimento na área de estudo

Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Conforme Moreschi (2012), teor de umidade de uma madeira é dado pela relação entre o peso da água contida no seu interior e o seu peso no estado completamente seco, expresso em porcentagem. Ressalta-se que o teor de umidade da madeira, quando expresso na base úmida, jamais excede 100%, o que significa que a massa de água e a massa de madeira absolutamente seca equivalem a 100%, logo, por diferença, pode-se determinar um dos dois componentes (COUTO& BARCELLOS, 2011). Desta forma, o teor de umidade foi calculado com base úmida conforme Equação 1,

$$TU\ (\%) = \frac{(Pu - Po)}{Pu} * 100 \quad (1)$$

Em que: TU = Teor de umidade da madeira em base úmida, em porcentagem; Pu = peso da madeira úmida; e Po = peso da madeira seca a (103 ± 2)°C, ou seja, a 0% de umidade.

Iniciou-se com a pesagem das amostras com teor de umidade até então desconhecido (Pu), anotando-se o seu peso. Em seguida as amostras foram levadas à estufa, a 103o C ± 2 °C, até sua secagem completa (Figura 3). As pesagens periódicas foram realizadas até a observância de peso constante, indicando a total remoção da água. Procedeu-se então nova pesagem com a madeira seca (Po). Após a determinação do teor de umidade de cada pilha, foi feita uma média geral para cada condição (sem cobertura e com cobertura de lonas).

Figura 3 - Disposição das amostras de madeira em estufa

Fonte: Acervo pessoal dos autores.

Devido a não atender os pressupostos da inferência estatística (princípio da repetição), foi realizada apenas uma análise descritiva dos dados, que atendesse a temática apresentada.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 está apresentada a análise descritiva dos teores de umidade conforme condição de armazenamento (coberta por lona e sem cobertura) da lenha das espécies florestais analisadas.

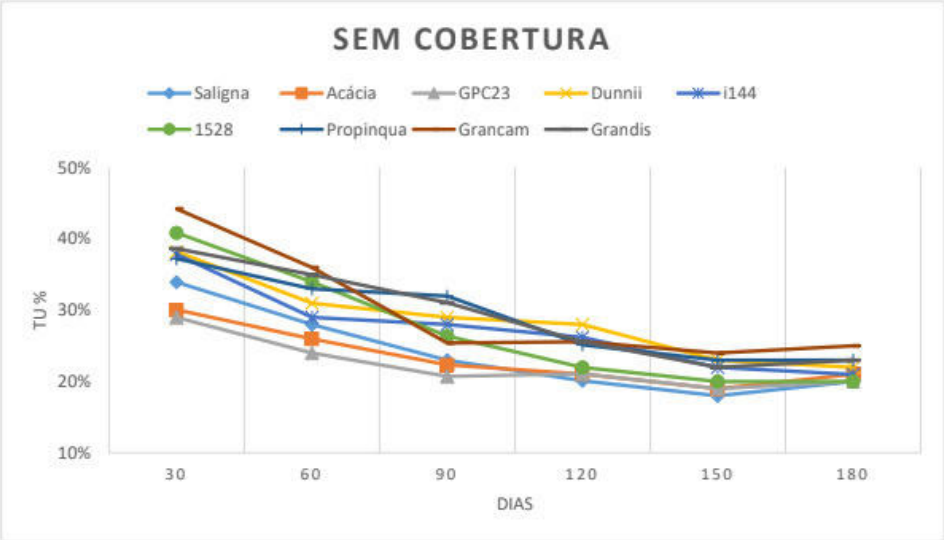
Tabela 1 – Análise Descritiva do teor de umidade das espécies florestais alocadas no experimento, sob duas condições de armazenamento, ao longo de seis meses (180 dias)

Dias	Sem cobertura					Cobertas por lona				
	Média Geral	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)		Média Geral	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
				Limite Inferior	Limite Superior				Limite Inferior	Limite Superior
30	36.7%	4.9%	0.9%	36.3%	37.0%	35.2%	5.1%	1.0%	34.8%	35.5%
60	30.7%	4.2%	0.8%	30.4%	31.0%	29.3%	3.0%	0.6%	29.1%	29.6%
90	26.4%	3.9%	0.8%	26.2%	26.7%	25.4%	3.9%	0.7%	25.1%	25.6%
120	23.9%	2.8%	0.5%	23.7%	24.1%	23.3%	3.6%	0.7%	23.0%	23.6%
150	21.1%	2.1%	0.4%	21.0%	21.3%	21.1%	2.9%	0.6%	20.9%	21.3%
180	21.7%	1.7%	0.3%	21.5%	21.8%	20.6%	2.6%	0.5%	20.4%	20.7%

Fonte: Elaborado pelos autores.

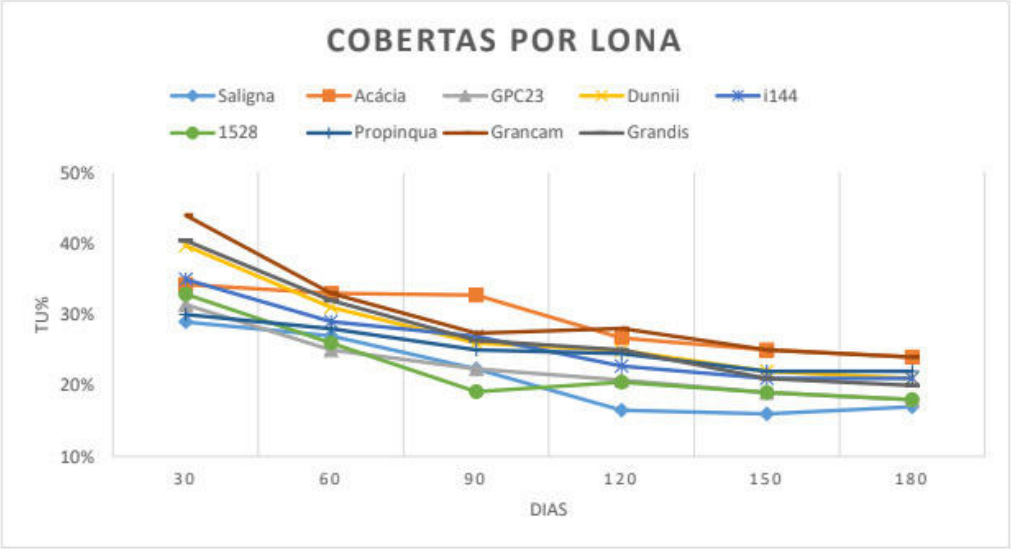
Observou-se que apesar da pouca diferença, a condição com cobertura de lona possibilitou atingir um menor teor de umidade ao fim do período de avaliação. Nas figuras 4 e 5 podem ser observados as curvas de secagem das espécies florestais nas condições avaliadas. Observamos que todas as espécies atingiram esse objetivo em 180 dias, sendo que a maior parte delas, atingiram teores iguais ou menores que 25% já aos 90 dias.

Figura 4 - Curvas de secagem por espécie na condição sem cobertura



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 5- Curvas de secagem por espécie na condição com cobertura com lonas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

Todas as espécies analisadas atingiram o teor de umidade abaixo de 25%, recomendado para o uso da madeira como fonte de energia, independentemente da sua densidade. Porém o método de secagem ao ar livre com cobertura por lona atingiu esse resultado em menos tempo quando comparado com a condição ao ar livre, tanto para espécie mais densas como menos densas.

A variação de teores de umidade entre as espécies, apesar de pequena, existe. Esse fator pode estar relacionado com utilização de espécies de diferentes densidades, onde espera-se espécies de maior densidade percam umidade em um maior intervalor de tempo, quando compradas as espécies de densidade mais baixa.

Por fim, destaca-se a importância da cobertura com lona no processo de secagem ao ar livre, uma vez que sem essa cobertura a madeira fica diretamente exposta à intempéries que podem retardar o processo de perda de água e tornar a lenha menos eficiente para a combustão, outra questão é a hidroscopia da madeira que pode reter mais umidade caso ocorra uma precipitação na data anterior ao uso da lenha para a cura das folhas de tabaco.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL - (AFUBRA). Rastreabilidade do Componente Florestal na Cultura do Tabaco. **Relatório de Pesquisa**. Santa Cruz do Sul, RS: Afubra, 2013. 30p.

COUTO, L.C.; BARCELLOS, D.C. As relações água-madeira e sua influência nas suas propriedades físicas. Biomassa & Energia, v. 4, n. 2, p. 173-190, 2011. Disponível em: http://www.renabio.org.br/08-33-LCCouto-B&E-2011-PF-173-190.pdf. Acesso em 15 abr. 2019.

MORESCHI, J.C. Propriedades da Madeira: apostila. 4ª ed., 2012. Disponível em: http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf Acesso em: 20 abr. 2019.

PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; et. al. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Embrapa Florestas Documentos, n. 38, 2000, 113p. Colombo/PR, 2000.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. Bioenergia e Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar e Espécies Florestais. Ed. UFV, Viçosa, MG, 2013.

PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE *SCENEDESMUS sp*. EM SISTEMA ABERTO UTILIZANDO TANQUE *RACEWAY* E AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LIPÍDIOS

Gerson Ovidio Luz Pedruzi[1], Matheus Lopes Amorim[2], Augusto Cesar Laviola de Oliveira[3], Michael de Oliveira Resende[4], Marcio Arêdes Martins[5]

[1]*Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, gerson.pedruzi@gmail.com*

[2]*Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

[3]*Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

[4]*Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG e Professor, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, MG*

[5]*Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

Resumo

Os biocombustíveis apresentam a melhor perspectiva de substituição aos derivados do petróleo em menor espaço de tempo. Dentre eles, o biodiesel possui elevado potencial em conquistar o mercado, visto que existe a possibilidade de ser utilizado em motores de combustão de ciclo diesel. Nesse contexto, as microalgas estão sendo consideradas como uma das matérias-primas mais promissoras pois possuem elevada taxa de crescimento e alto rendimento em lipídeos. Por esse motivo, o objetivo do presente estudo foi realizar o avaliar a produção de biomassa da microalga do gênero Scenedesmus sp. em tanque raceway, a fim de verificar sua produtividade e produção de lipídios. Foram realizados, neste trabalho, três cultivos consecutivos em sistema aberto utilizando tanque raceway de 4000 L, de 25/03/2016 até 28/05/2016. A maior taxa de crescimento por área encontrada nesse trabalho foi de 2,92 g/m²/dia e a produtividade média de FAMES foi de 0,120 ±0,028 g/dia/m².

Palavras-chave. Biocombustíveis. Microalga. Cultivo. Biodiesel.

Introdução

As microalgas são uma fonte bastante promissora de óleo para a produção de biodiesel. Assim como as plantas vasculares, as microalgas requerem quatro fatores básicos para o crescimento: luz, carbono, água e nutrientes. Em relação a taxa de fotossíntese, as microalgas são mais eficientes que as plantas vasculares e podem ser produzidas em cultivos simples ou em larga escala, desde que suplementadas com nutrientes (SCRAGG et al., 2002). Sob condições específicas, algumas espécies de microalgas podem apresentar 50% a 70% de óleo em massa seca (CHISTI, 2007). Dessa maneira, a produtividade de óleo por hectare esperada excede cerca de 10 vezes a produtividade da palma (4 a 6 t ha^{-1} ano^{-1}), considerada a espécie terrestre mais produtiva em óleo, o que mostra o expressivo potencial para a produção de

biocombustíveis (biomassa, óleo, biodiesel, metano e hidrogênio) (FEROLDI, CREMONEZ, E ESTEVAM, 2014).

Atualmente, existem dois tipos de sistemas de cultivo comerciais utilizados no mundo: o sistema aberto, como o *raceway*, e o sistema fechado (fotobiorreatores), como os tubulares e de painéis. Os sistemas fechados são aqueles em que não há contato direto entre o cultivo e o ambiente, além de possuírem elevada relação área superficial/volume, contudo, possuem elevado custo de infraestrutura e operacional. Nos sistemas abertos, o cultivo fica sujeito à influência do ambiente externo e possuem baixa relação área superficial/volume, mas apresentam custos operacionais menores que nos sistemas fechados (STEPHENSON et al., 2010; CHISTI E YAN, 2011; PÉREZ-LÓPEZ et al., 2017).

O sistema de cultivo aberto mais utilizado atualmente é o *raceway* (Figura 1). Nesse sistema, o escoamento é mantido por um impelidor, geralmente na forma de um aerador de palheta motorizado, ou por injeção de ar comprimido. O tamanho das unidades de cultivo varia de 0,1 ha a 0,5 ha (CHISTI E YAN, 2011).

Com o intuito de verificar a produção de tal sistema de cultivo, o presente trabalho determinou a produtividade de biomassa e lipídios de *Scenedesmus sp*. em tanques *raceway*.

Figura 1. Sistema *raceway* de 4000 L instalado no Laboratório de Biocombustíveis do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Material e Métodos

Utilizou-se a microalga do gênero *Scenedesmus sp*. BR 003 que apresenta teores de óleo, em cultivo fotoautotrófico, na faixa de 9,5% a 21,1% em massa seca (CHEN et al., 2011). O meio de cultura utilizado foi o L4-m, à base de fertilizantes agrícolas. Os cultivos foram realizados em condições fotoautotróficas de crescimento, temperatura de 27 ± 2 ºC, fotoperíodo de 12:12 h (luz:escuro), pH controlado entre 7 e 7,5, com a adição de soluções de HCl ou NaOH, e não foi induzido o acúmulo de lipídeos nas microalgas por qualquer tipo de privação.

O *raceway* utilizado para realizar os cultivos possui as dimensões de: 277 cm de largura na parte reta, 43 cm de profundidade e 10 metros de comprimento. O nível de água dentro do tanque foi mantido em 20 cm, possuindo uma capacidade volumétrica de 4000 L e uma superfície de 20 m². O sistema de agitação foi o de injeção de ar, sendo utilizado um compressor com potência nominal de 1,47 kW (2 cv). Foram realizados, neste trabalho, três cultivos consecutivos, de 25/03/2016 até 28/05/2016. No fim de cada cultivo, coletou-se 75% do volume total e os 25% restantes foi utilizado como inóculo para o próximo cultivo.

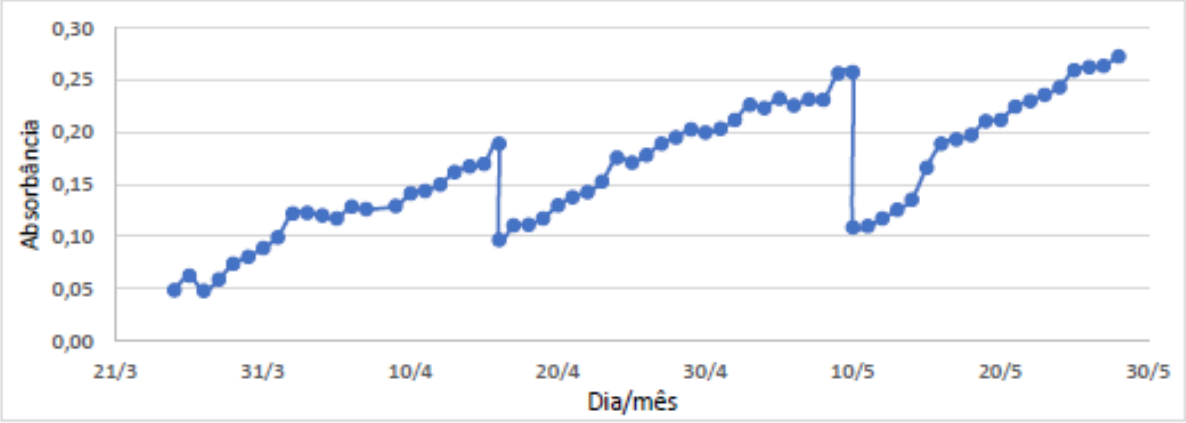
No acompanhamento do crescimento dos cultivos, foi utilizado um espectrofotômetro (THERMO SCIENTIFC, MULTISKAN GO, Estados Unidos), onde as leituras eram realizadas diariamente no comprimento de onda 750 nm, com 25 réplicas diárias. De acordo com Lee et al. (2013), o comprimento de onda utilizado consegue avaliar a quantidade de biomassa em um cultivo.

A biomassa seca foi determinada no início e no fim de cada cultivo por gravimetria e descontado das cinzas após calcinação. Para obtenção do perfil graxo, extraiu-se óleo e o mesmo foi convertido em éster metílicos (FAME's), seguindo a metodologia proposta por Ichihara e Fukubayashi (2010).

Resultados e discussão

As curvas de crescimento dos três cultivos consecutivos estão representadas da Figura 2. O primeiro cultivo totalizou 22 dias, começando em 25/03/2016, o segundo 24 dias, tendo início no dia 16/04/2016, e o terceiro e último cultivo durou 18 dias, com início no dia 10/05/2016.

Figura 2. Curvas de crescimento dos três cultivos consecutivos utilizando o comprimento de onda de 750 nm.



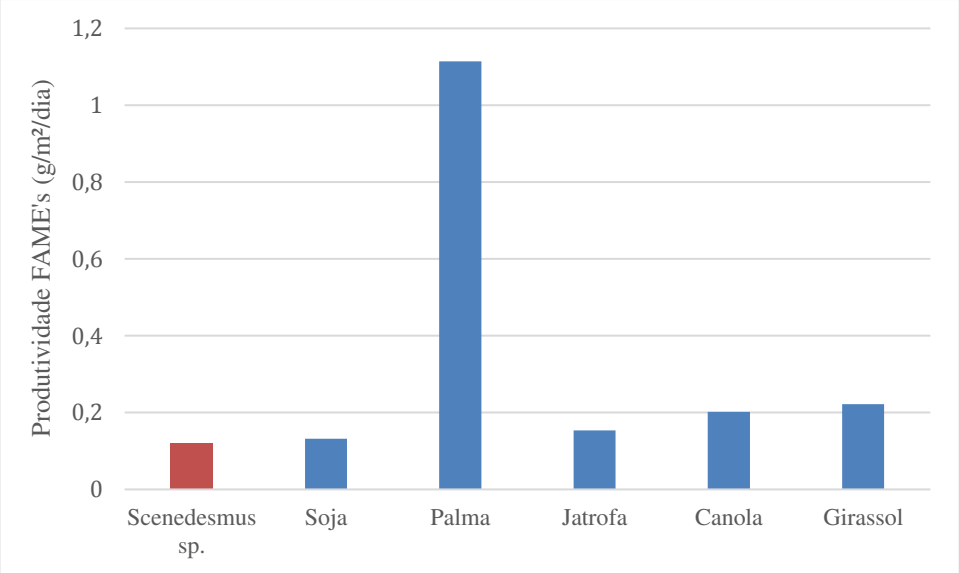
O cultivo 1 apresentava concentração inicial da biomassa de 0,0656 g L^{-1} e concentração final de 0,2635 g L^{-1}, totalizando 0,79 kg de biomassa (taxa de crescimento de 1,79 g m^{-2} dia^{-1}). O segundo cultivo se iniciou com concentração de 0,1427 g L^{-1} de biomassa algal e, ao fim, atingiu-se 0,3884 g L^{-1}, o que representou 0,98 kg de biomassa total (taxa de crescimento de 2,042 g m^{-2} dia^{-1}). No terceiro e último cultivo, a concentração inicial e final for de 0,1693 g L^{-1} e 0,2616 g L^{-1}, respectivamente, alcançando 1,05 kg de biomassa e taxa de crescimento de 2,92 g m^{-2} dia^{-1}.

Segundo Mendes (2017) microalgas podem atingir produtividades em torno de 24 a 30 g/m²/dia em tanques abertos tipo *raceway*. Porém, os cultivos realizados por este mesmo autor foram conduzidos em uma região mais próxima ao equador, com índice de insolação muito superior e clima pouco influenciado pelas estações do ano, quando comparado a cidade de Viçosa-MG, local do presente experimento.

Outro ponto importante que influenciou na baixa taxa de produtividade foi o fato de que os cultivos neste estudo foram realizados dentro de uma estufa de polietileno. Em regiões mais afetadas pelas estações do ano, como Viçosa-MG, as estufas são interessantes por controlar a temperatura em seu interior, contudo, a sua cobertura, mesmo transparente, pode reduzir a radiação solar disponível para as microalgas, dependendo do material de que é feita, impactando no crescimento. Nesse experimento, a transmissividade da radiação solar pela cobertura da estufa, durante o dia, variou entre 53,37% ±1,57% até 69,36% ±2,04% do total, o que está de acordo com Buriol et al. (1995) para coberturas de polietileno. Outros cultivos realizados por Rocha (2018) no mesmo local e na mesma época do ano, retirando apenas a cobertura da estufa e o controle de temperatura, conseguiram atingir uma produtividade de 4,46 g m^{-2} dia^{-1} e tempo de cultivo de 19 dias, o que demonstra que a redução da trasmissividade da radiação solar pela estufa é muito prejudicial no crescimento das microalgas, inclusive maior do que a falta do controle de temperatura.

Em relação a produtividade de FAME's, obteve-se 0,120 ±0,028 g m^{-2} dia^{-1} de média nos três cultivos realizados, valor bem abaixo do que o encontrado por alguns autores na literatura (entre 10 g m^{-2} dia^{-1} e 30 g m^{-2} dia^{-1}) (MATA, MARTINS E CAETANO, 2010). Contudo, vale ressaltar que, além do presente experimento não ter tido qualquer tipo de indução ao acúmulo de lipídeos, muitos dos resultados encontrados na literatura são baseados em testes de bancada, em condições altamente controladas para a máxima produção de lipídeos, enquanto em uma produção externa de larga escala, variações do clima afetam diretamente a produtividade. Ainda assim, o presente projeto apresentou produtividade de FAME's comparáveis a soja e a jatrofa, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3. Produtividade de FAME's de diferentes culturas oleaginosas.



Fonte: Mata, Martins e Caetano, 2010.

Conclusões

Diferentemente de muitas pesquisas, geralmente apenas de bancada, que alegam que microalgas possuem produtividade de óleo/FAME's 10, 20 ou até 30 vezes superior a palma, no nosso trabalho, utilizando a microalga *Scenedesmus sp*. BR 003 simulando uma fazenda de microalgas, o resultado foi quase 10 vezes inferior ao encontrado na palma. Pesquisas de bancada possuem todos os fatores, como temperatura, luz e nutrientes, estritamente controlados para maximizar a produtividade, enquanto em uma produção em tanques abertos tal controle é limitado e muito dependente do ambiente, como no caso da luz e temperatura. Sendo assim, uma das principais condições que auxiliariam na produtividade seria a implantação da unidade produtora em uma região com maior incidência luminosa e menos afetada pelas estações do ano, como o nordeste brasileiro. Apesar da baixa produtividade encontrada nesse trabalho, um ponto muito importante a ser ressaltado é que o tempo médio de cultivo da microalga, da inoculação até a colheita, foi de apenas 21,3 dias (podendo ser reduzido para 19 dias sem a estufa), enquanto a soja precoce tem tempo médio de 120 dias, do plantio até a colheita. Ou seja, considerando produtividade similar entre ambas, a microalga ocuparia uma área quase 6 vezes menor para produzir a mesma quantidade de óleo que a soja. Além disso, como são cultivadas em tanques, as microalgas não necessitam de terras aráveis, podendo crescer em locais áridos, utilizando, inclusive, água salobra, não competindo assim com culturas voltadas para alimentação, além de favorecer o desenvolvimento de regiões mais secas no país, tipicamente mais pobre.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

BURIOL, G. A., et al. (1995) Solar radiation transmissivity through low density polyethylene used in greenhouses. *Ciência Rural*, V.25, pp. 1–4.

CHEN, I-C., et al. (2011) Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science*, V.33, pp. 1024 – 1026.

CHIST, Y. E YAN, J. (2011) Energy from algae: Current status and future trends. *Applied Energy*. V.88, pp. 3277-3279.

CHISTI, Y. (2007) Biodiesel from microalgae, *Biotechnology Advances*. V.25, pp. 294–306.

FEROLDI, M., CREMONEZ, P. A. E ESTEVAM, A. (2014) Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. *REMOA*. V.13, pp. 3800-3808.

ICHIHARA, K. E FUKUBAYASHI, Y. (2010) Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *Journal Of Lipid Research*. V.51, N.3, pp. 635-640.

MATA, T. M., MARTINS, A. A. E CAETANO, N. S. (2010) Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*. V.14, N.1, pp. 217-232.

MENDES, L. B. B. (2017) Recent advances of microalgal biotechnology in Brazil. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*.V.5, N.5, pp.1-3.

PÉREZ-LÓPEZ, P., et al. (2017) Comparative life cycle assessment of real pilot reactors for microalgae cultivation in different seasons. *Applied Energy*. V.205, pp.1151-1164.

ROCHA, D. N. (2018) Associação de fatores de estresse e modos de cultivo para aumento da produtividade de lipídeos em *Scenedesmus spp*. 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCRAGG, A. H., et al. (2002) Growth of microalgae with increased calorific values in a tubular bioreactor. *Biomass Bioenergy*. V.23, pp. 67–73.

STEPHENSON, A. L. et al. (2010) Life-Cycle Assessment of Potential Algal Biodiesel Production in the United Kingdom: A Comparison of *Raceways* and Air-Lift Tubular Bioreactors. *Energy & Fuels*. V.24, N.7, pp.4062-4077.

Produção de biomassa em cultivos alternativos de *chlorella sp.* utilizando resíduo líquido de fecularias suplementado com bicarbonato de sódio

Guilherme Henrique Porfírio Santos, Tatiana Rodrigues da Silva Baumgartner, Geovanny Broetto Besinela, Daniella Mariz de Souza, Ana Paula Becker Viana

[1, 2, 5]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Toledo, 1 - guiporfirio27@gmail.com*

[3, 4]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Cascavel*

Resumo

A produção da fécula gera um resíduo líquido com elevado potencial poluidor e sua reintrodução em outros processos produtivos pode ser apresentado como uma alternativa a mitigação dos possíveis impactos gerados nesse processo produtivo. A sua utilização na produção de microalgas pode ser apresentada como uma alternativa promissora quando se visa a produção de biomassa, desta forma, o trabalho buscou avaliar a capacidade de cultivo de microalgas do genêro *chlorella sp.* em meios alternativos com variação primeiramente de duas diferentes cepas (PPEQ-02 e BMAK7) sob condições de cultivo mixotrófica e heterotrófica, seguidas de um segundo cultivo realizado com o melhor resultado da primeira fase do estudo, no caso o cultivo com a cepa PPEQ-02 sob condição de cultivo mixotrófica. Para isto, foi realizada a variação da concentração de efluente (7-26%) suplementada com a variação de bicarbonato de sódio (0,1 – 15 $g.L^{-1}$), onde os melhores resultados (820 $mg.L^{-1}$) biomassa seca foram obtidos ao final do cultivo para as condições com maiores índices de bicarbonato de sódio (12,8 e 15 $g.L^{-1}$). A variável concentração de efluente da indústria da fecularia não influenciou estatisticamente a resposta.

Palavras-chave. Microalgas. Produtividade. Reutilização.

Introdução

A fécula se destaca mundialmente como o subproduto mais nobre da mandioca, pois o material tem uma grande aplicabilidade desde a indústria alimentícia até a extração de petróleo. Estimativas apontam que somente a Tailândia, o principal produtor mundial de fécula processa aproximadamente 3,2 milhões de toneladas de fécula anualmente, no cenário brasileiro as estimas giram em torno de 600 mil toneladas (CEPEA, 2018).

Durante a produção da fécula é gerado um resíduo líquido, conhecido também como manipueira que possui aspecto leitoso e cor amarelo-clara. Estudos demonstram a geração de aproximadamente 2.000 litros de efluente por tonelada de fécula produzida, com teor de água próximos a 95% (CEPEA, 2016; MATOS, 2011).

O resíduo líquido advindo do processo produtivo possui uma caracterização físico-química diversificada, pois sua composição vária de acordo com as operações unitárias existentes na fábrica processadora e das características genéticas da mandioca. Mas unanimemente, o descarte final inadequado deste efluente causa impactos ambientais negativos, tais como: eutrofização de corpos hídricos; a intoxicação dos seres vivos pelo contato com cianeto ou ácido cianídrico; a redução dos

níveis de oxigênio dissolvido e aumento da carga orgânica na água; aumento dos níveis de nitratos das águas subterrâneas (MATOS, 2011; SPERLING et al., 2009).

Uma alternativa para a destinação correta deste efluente é sua reutilização em outro processo produtivo, como exemplo, a utilização deste efluente como coproduto atrelado a produção de microalgas pode ser destacada. Esta alternativa pode ser considerada atrativa na busca da construção de uma cadeia sustentável para as fecularias. Principalmente, devido aos vários estudos que demonstram o potencial das microalgas no tratamento de águas residuais, na biofixação de carbono e compostos poluentes (RIZWAN et al., 2018) .

O potencial de aplicação das microalgas sobrepõe somente o tratamento destes efluentes, pois a biomassa produzida durante o processo apresenta grande quantidade e variedade de compostos bioquímicos, tais como, proteínas, carboidratos, lipídeos, enzimas, polímeros, biotoxinas (antimicrobianas e antivirais), pigmentos, entre outros com elevado valor agregado (LOURENÇO, 2006; RICHMOND, 2004; RIZWAN et al., 2018).

A partir disto, o trabalho teve como objetivo estudar o crescimento de microalgas do gênero Chlorella sp. em meio de cultivo alternativo, contido de diferentes concentrações de resíduo líquido suplementado com bicarbonato de sódio e avaliar os níveis de concentração da biomassa obtidos ao final do cultivo.

Material e Métodos

As estirpes de microalgas do gênero Chlorella sp. utilizadas no trabalho foram cedidas pelo Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo, São Paulo (BMAK07) e pelo Laboratório de Engenharia Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo (PPEQ02). O resíduo líquido foi coletado na empresa Fino Amidos Ltda. em Toledo, PR. Estas amostras do efluente foram caracterizadas e acondicionadas em congelador, na temperatura de -8°C até sua posterior utilização. As características do efluente foram: DQO (5.359 mg O_2 L^{-1}); pH (7,21), Cor (1052 uC).

O inóculo foi realizado primeiramente em Meio Bold's Basal (BBM) conforme descrito pela Culture Collection of Algae and Protozoa (CCAP), e mantido em biorreatores do tipo erlenmeyer 500 mL com densidades celulares necessárias para os experimentos. A câmara de cultivo apresentou as seguintes características: biorreatores tipo erlemeyers, 1000 mL; temperatura, 27 ± 2°C; aeração por bombas de aquário, 8 L min^{-1}; fotoperíodo, 24 horas de luz (mixotróficas) e 0 horas de luz (heterotróficas); luminosidade, 6000 luxes.

O delineamento experimental realizado foi dividido em duas fases distintas. A primeira avaliou a produtividade máxima de biomassa (g L^{-1}) das estirpes BMAK07 e PPEQ02 sob condições mixotrófica e heterotrófica, durante um cultivo de 7 dias. Onde os biorreatores foram preenchidos (600 mL) com meio de cultura 9:1 (v_{eflu}/v_{bbm}) e inóculo (250 mg L^{-1}), nas proporções de 90% e 10%, respectivamente (BORGHETTI, 2009).

Na segunda fase, os experimentos foram realizados conforme delineamento de composto central rotacional (DCCR), com pontos (-α, -1, 0, 1, α), a partir do melhor resultado da primeira fase. Variações da concentração de bicarbonato de sódio (CBS) serão de 2,2 g L^{-1} a 12,8 g L^{-1} (-1, 1) para pontos mínimo e máximo e para o resíduo líquido foram de 7% e 26% (v/vH2O) (-1,1). Nesta fase do experimento os biorreatores foram preenchidos (700 mL) com as diferentes proporções e inoculados (300 mg L^{-1}) nas mesmas proporções da fase 1. Ao final deste experimento foi possível avaliar a produtividade máxima de biomassa (g L^{-1}), através da análise de concentração máxima de microalgas por método gravimétrico (BORGHETTI, 2009).

As análises e tratamento dos dados foram realizados sob software STATISTICA 10.0 e ACTION 2.9, com a finalidade de verificar se o modelo matemático se ajustava aos dados obtidos no estudo, isto

pode ser realizado através de análise de variância. Por fim foi possível obter um modelo de regressão estatístico e montar uma superfície de resposta ajustada para o modelo.

Os procedimentos para montagem e esterilização do meio foram realizados através de filtragem para remoção de sólidos grosseiros e autoclavagem a 121 °C por 20 minutos. Todos os procedimentos de inoculação foram realizados em câmaras de fluxo laminar desinfectados com álcool 70% (p/v) e UV por 15 minutos (LOURENÇO, 2006).

Resultados e discussão

Os resultados de produtividade máxima encontrados na primeira fase do cultivo para os cultivos mixotróficos utilizando a estirpe BMAK07, 487 mg L^{-1}, e a estirpe PPEQ02, 643 mg L^{-1}, foram significativamente maiores comparados aos cultivos heterotróficos, com aumento médio de 2,08 e 4,07 vezes para as respectivas estirpes (Tabela 1). Este fato pode estar relacionado aos cultivos heterotróficos, quando contidos de carboidratos apresentarem taxas de crescimento relativamente menores do que em culturas fotossintéticas (mixotróficas), além disto, as estirpes podem apresentar baixa afinidade com os compostos orgânicos presentes no meio (RICHMOND, 2004).

Tabela 1. Resultados dos cultivos obtidos na primeira fase do estudo.

Cepas	Nutrição	Concentração de biomassa (mg L^{-1})
PPEQ – 02	Mixotrófica	643 ± 2.9
PPEQ – 02	Heterotrófica	158 ± 1.8
BMAK7	Mixotrófica	487 ± 2.7
BMAK7	Heterotrófica	232 ± 0.6

A partir da análise dos dados da primeira fase, a segunda fase do estudo foi realizada através do cultivo sob nutrição mixotrófica e utilização da cepa PPEQ – 02. A Tabela 2 mostra os resultados de produtividade de biomassa (mg L^{-1}) ao final do cultivo (166 horas), obtidos através do planejamento DCCR que utilizou as variáveis concentração de efluente (%) e concentração de bicarbonato de sódio (g L^{-1}).

Ao observar a Tabela 2 pode-se dizer que a produtividade máxima de biomassa foi alcançada nos ensaios 4 e 12, com 26% e 17% de efluente e 12.8 e 15 g.L^{-1} de CBS, respectivamente, que chegaram a 820 mg L^{-1}. Estes picos de produção podem ser explicados pelo aumento dos níveis de bicarbonato de sódio no meio de cultura, pois o mesmo confere uma fonte extra de carbono assimilável as células através da sua quebra em carbonatos solúveis, além disto, também geram um meio mais alcalino, que por sua vez é mais aconselhável ao cultivo de microalgas deste genêro (ANDERSEN, 2005; RIZWAN et al., 2018).

Tabela 2. Resultados obtidos do delineamento DCCR

Ensaio	Efluente (%)	CBS (g L^{-1})	Biomassa Final (mg L^{-1})
1	7	2.2	690
2	7	12.8	790
3	26	2.2	670
4	26	12.8	820
5	17	7.5	780

6	17	7.5	770
7	17	7.5	760
8	17	7.5	760
9	17	7.5	780
10	17	7.5	800
11	17	0.1	660
12	17	15	820
13	3	7.5	790
14	30	7.5	760

A tabela 3 demonstra os resultados da análise de variância (ANOVA) da concentração final de biomassa observada ao final da segunda fase do experimento. Ao realizar o teste F encontrou-se o valor de F calculado = 26,18 e quando comparado ao valor de F tabelado$_{5;5;0,10}$= 3.45 demonstrou que o modelo obedece a premissa para a sua validação, apresentando uma relação F_{calc}/F_{tab} = 7,58 elevada (MONTGOMERY, 2013).

Tabela 3. Análise de variância dos resultados obtidos no DCCR

Fatores	SQ	GL	MQ	F calc	p-valor
Man (L)	126.26	1	126.26	0.5490	0.4920
Man (Q)	101.40	1	101.40	0.4409	0.5360
CBS (L)	28224.12	1	28224.12	122.7135	0.0001
CBS (Q)	3435.78	1	3435.78	14.9382	0.0118
Modelo	32506.33	5	6501.27	26.18	0.0001
Falta de Ajuste	836.52	3	278.84	1.21	0.3957
Erro Puro	1150.00	5	230.00		
Resíduo	1986.52	8	248.32		
Total	34492.86	13		R^2: 0,94	R^2_{ajust}:0,91

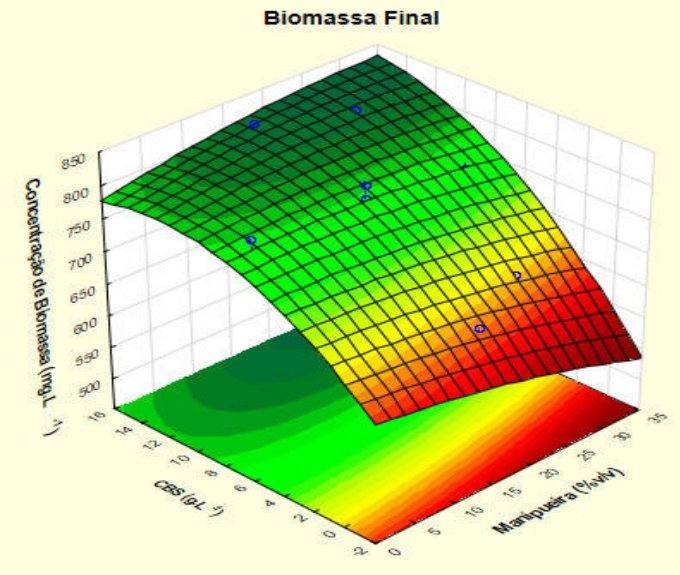
Ao observar o baixo p-valor do "modelo" (<α=0,10) e o alto valor da falta de ajuste (>α=0,10), pode-se afirmar que o modelo da regressão estatística gerado é adequado para descrever os resultados obtidos nos experimentos. Além disto, os valores obtidos para o R^2 (0,94) e R^2_{ajust} (0,91) indicam os altos níveis de ajuste da regressão.

Na tabela 3 também ficam evidenciados que a variação dos níveis de efluente não tem efeito significante sobre as respostas obtidas no estudo, e somente os níveis de CBS tem significância. Isto pode ser observado através dos níveis de p-valor menores que menores que o α (0,10) adotado na análise de dados.

Após a validação do modelo matemático obtido através dos dados foi possível obter o modelo da regressão estatística: Biomassa (mg L^{-1}) = 775,24 – 3,96*Man – 3,68*$(Man)^2$ + 59,62*CBS – 21,77*CBS^2 + 12,35*Man*CBS.

Por fim, através do modelo matemático e dos dados obtidos no estudo foi possível gerar um gráfico de superfície de resposta apresentado na Figura 1. Este gráfico representa o comportamento do cultivo das microalgas do gênero *chlorella sp*. através da produção de biomassa ao final do cultivo, ao utilizar como variáveis a concentração de efluente e bicarbonato de sódio.

Figura 1. Superfície de Resposta da Produtividade máxima de microalgas.



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 1 mostra os picos de concentração de biomassa quando o meio de cultura aplicado as microalgas têm suas variáveis (CBS e efluente) levados aos pontos axiais positivos, na região limite da superfície. Isto mostra a possibilidade caminhar na superfície de resposta a fim de encontrar valores maiores para a produtividade de biomassa ao aumentar os valores dos fatores.

Conclusões

As cepas de *chlorella sp.* denominadas PPEQ-02 mantidas sob condição mixotrófica tem maior potencial de produção de biomassa, quando comparadas a forma de nutrição heterotrófica e a qualquer condição de cultivo aplicada a cepa BMAK7 ao utilizar a meio de cultivo constituído de efluente. O aumento de bicarbonato no meio de cultivo tem efeito positivo sob a produtividade de biomassa em meios de cultivo constituídos de efluente. A variação das concentrações do efluente no meio de cultivo não influenciaram estatisticamente a produtividade final de biomassa.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo custeio financeiro dos pesquisadores durante o desenvolvimento da pesquisa.

Referências Bibliográficas

ANDERSEN, R. A. (2005) *Algal Culturing Techniques*. Editora Elsevier, pp. 589.

BORGHETTI, I. A. *Avaliação do crescimento da microalga Chlorella minutissima em meio de cultura com diferentes concentrações de manipueira*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. Dissertação (Mestrado).

Centro de Estudos Avançados em Econômia Aplicada (CEPEA). Boletim da mandioca. *Expansão industrial e maior oferta de raiz sustentam produção recorde de fécula em 2015*. Piracicaba (2016).

Centro de Estudos Avançados em Econômia Aplicada (CEPEA). Boletim da mandioca. *Análise econômica mensal sobre o setor da mandioca e derivados no Brasil.* Piracicaba (2018).

LOURENÇO, S. O. (2006) *Cultivo de microalgas marinhas: Pricípios e Aplicações*. Editora RiMa, pp. 606.

MATOS, A. T. de. (2011) *Poluição Ambiental: Impactos no meio físico*. Editora UFV, pp. 260.

MONTGOMERY, D. C. (2013) *Design and Analysis of Experiments.* Editora John Wiley & Sons. pp. 730.

RICHMOND, A. (2004) *Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology.* Editora Blackwell Science, pp. 577.

RIZWAN, M. et al. (2018) Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 92, N. 1, p. 394–404.

SPERLING, M. VON et al. Impacto dos Nutrientes do Esgoto Lançado em Corpos de Água. *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1p. 428.

PRODUÇÃO DE MANDIOCA DE INDÚSTRIA EM ÁREA DE MATA ALTERADA E DE CERRADO DE RORAIMA

Everton Diel Souza[1]

[1]*Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, e-mail: everton.souza@embrapa.br*

Resumo

Em 2009, a Embrapa Roraima decidiu participar de um projeto de rede de mandioca de indústria, também conhecida como mandioca ou mandioca brava, a qual é bastante cultivada no estado, sendo destinada principalmente à produção de farinha e goma. No projeto que tem abrangência nacional, participam cultivares introduzidas dos Bancos de Germoplasma das Embrapas de Cruz das Almas-BA e Planaltina-DF, além de cultivares coletadas no estado que atuam como testemunhas para comparação de comportamento. As avaliações consistem em ensaios com repetições para melhor caracterização dos materiais adaptados. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o comportamento de 11 cultivares de mandioca de indústria em área de mata alterada, nas safras 2016/17 e 2017/18, e no Cerrado, na safra 2017/18. Os genótipos foram avaliados em delineamento de blocos casualizados com três repetições e a colheita foi realizada aos 12 meses do plantio. Por ocasião da colheita foram realizadas as medições dos dados de produção incluindo-se a produção de raízes e o teor de matéria seca e de amido das raízes. As médias foram comparadas estatisticamente pelo teste de Skott e Knott a 5% de probabilidade. As médias de produção de raízes dos experimentos foram, de um modo geral, superiores à média estadual (15,1 t ha^{-1}, segundo IBGE). A cultivar BRS Formosa obteve 19,3 t ha^{-1} de raízes na média de três experimentos nas duas safras. Resultados semelhantes também foram obtidos pelas cultivares BRS Mulatinha (16,8 t ha^{-1}) e BRS Kiriris (15,9 t ha^{-1}), superando as demais cultivares e não tendo diferença significativa para a testemunha IAC 12 (18,4 t ha^{-1}), confirmando o bom potencial produtivo e indicando uma boa adaptação aos ambientes. Quanto ao percentual médio de amido das raízes, o comportamento das cultivares BRS Mulatinha (29,8%), BRS Formosa (26,7%) e BRS Kiriris (26,7%) foram similares a testemunha IAC 12 (30,4%). Quando se analisa a produção de amido por hectare, observa-se uma tendência semelhante àquela observada para os resultados da produção de raízes, as cultivares BRS Formosa (5,1 t ha^{-1}), BRS Mulatinha (4,9 t ha^{-1}) e BRS Kiriris (4,2 t ha^{-1}) que acabam compensando em produção por hectare assumindo colocações semelhantes à testemunha IAC 12 (5,6 t ha^{-1}) que se caracteriza como um material que apesar de adaptado não exibe uma arquitetura de planta que permita uma boa cobertura do solo e o seu uso no plantio mecanizado. Pelos estudos realizados, conclui-se que as cultivares BRS Formosa, BRS Kiriris e BRS Mulatinha são ótimas alternativas pelos seus desempenhos agronômicos (produção de raízes e adaptação), com vantagens adicionais para a fabricação de farinha e fécula devido aos seus altos percentuais de amido, visando o abastecimento do mercado estadual e futuras exportações. Sendo assim, conclui-se pela viabilidade da extensão de recomendação das cultivares BRS Formosa, BRS Kiriris e BRS Mulatinha para plantio nos ecossistemas de mata alterada e de Cerrado do estado de Roraima.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, *produtividade de raízes, região amazônica.*

PRODUÇÃO DE SORGO BIOMASSA EM RORAIMA

Everton Diel Souza[1], Rafael Augusto da Costa Parrella[2]

[1]*Embrapa Roraima, Boa Vista, RR, e-mail: everton.souza@embrapa.br*

[2]*Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.*

Resumo

O cultivo do sorgo em Roraima ainda é incipiente, inexistindo estatísticas sobre a cultura no estado. Ocasionalmente encontram-se pequenas áreas de produção. No entanto, o potencial da cultura é indiscutível. Devido a sua maior rusticidade em relação ao milho, o sorgo pode ser plantado em rotação com a soja ou o feijão-caupi e produzir grãos ou silagem para a alimentação animal, sendo que os grãos podem substituir, em parte, o milho utilizado nas rações, diminuindo o custo das mesmas. O sorgo biomassa, conhecido também por sorgo energia, é uma planta C4, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas que, apresenta uma série de vantagens como o ciclo curto e o bom rendimento de colmos e panículas que podem alcançar acima de 100 toneladas por hectare, definindo-o como de grande potencial energético. O objetivo deste trabalho foi apresentar os resultados dos ensaios de sorgo biomassa avaliados em Roraima, nos anos de 2017 e 2018. Os ensaios foram instalados no Campo Experimental Serra da Prata da Embrapa Roraima, em área de mata alterada, utilizando-se 25 cultivares de sorgo biomassa oriundas do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, no espaçamento de 0,70 m e quatro fileiras de 5 m de comprimento, totalizando 7,0 m^2, na área útil da parcela. O plantio foi realizado manualmente. O desbaste foi realizado aos 15 dias após a emergência, deixando-se de 7 a 9 plantas por metro. As cultivares mais altas, em 2017, foram as cultivares 201636B013 (4,55 m), 201636B015 (4,36 m), 201636B021 (4,23 m) e BRS 716 (4,20 m) enquanto em 2018, foram a 201737B013 (4,18 m), 201737B009 (4,04 m), 201737B017 (3,99 m), 201737B010 (3,95 m), BRS 716 (3,91 m) e 201737B018 (3,89 m) que não diferiram estatisticamente entre si. O florescimento variou, em 2017, entre 63 dias (BRS 655) e 89,3 dias (BRS 716) e em 2018, entre 68 dias (BRS 655) e 90 dias (BRS 716). Em 2017, a cultivar com maior massa verde total foi a BRS 716 (58,0 $t.ha^{-1}$), seguidas pelas cultivares 201636B009 (36,9 $t.ha^{-1}$), 201636B010 (35,3 $t.ha^{-1}$), 201636B005 (33,8 $t.ha^{-1}$), 201636B018 (33,7 $t.ha^{-1}$) e 201636B007 (33,5 $t.ha^{-1}$). Em 2018, as cultivares com maior massa verde total foram a 201737B009 (57,6 $t.ha^{-1}$), 201737B008 (54,6 $t.ha^{-1}$) e 201737B018 (52,8 $t.ha^{-1}$) que não diferiram estatisticamente entre si, seguida pelas cultivares 201737B005 (47,7 $t.ha^{-1}$), BRS 716 (47,0 $t.ha^{-1}$), 201737B010 (46,4 $t.ha^{-1}$), 201737B001 (45,8 $t.ha^{-1}$), 201737B013 (45,7 $t.ha^{-1}$), 201737B019 (45,6 $t.ha^{-1}$), 201737B007 (42,8 $t.ha^{-1}$), 201737B016 (41,5 $t.ha^{-1}$), 201737B006 (40,5 $t.ha^{-1}$) e 201737B011 (37,8 $t.ha^{-1}$) que também não diferiram estatisticamente entre si, mas ficaram acima da média do ensaio que foi de 37,5 $t.ha^{-1}$. Concluiu-se que as cultivares 201737B009, 201737B008, 201737B018, BRS 716, 201737B005, 201737B010, 201737B001, 201737B013, 201737B019, 201737B007, 201737B016, 201737B006 e 201737B011 apresentam potencial para cultivo no estado.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor, sorgo energia, massa verde total, região amazônica.*

Profundidades de semeadura e pressões da roda compactadora no enraizamento e desenvolvimento de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

Reginaldo Ferreira Santos[1], Ricielly Eloyze Rosseto[2]

[1,2]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura. Email: reginaldo.santos@unioeste.br*

Resumo

Frente a atual busca pelo desenvolvimento e viabilização de novas alternativas de energia renováveis e ambientalmente sustentáveis, as chamadas "culturas energéticas" vêm ganhando destaque no fornecimento de energia através do óleo de suas sementes. O cártamo, com introdução recente no Brasil atrai essa ótica devido às suas propriedades e capacidade no fornecimento de óleo que poderão ser potencialmente utilizados tanto na fabricação de biocombustíveis como na indústria alimentícia. A fim de contribuir com estudos para a viabilização desta cultura no país os quais ainda são carentes no manejo da semeadura, o estudo teve por objetivo avaliar a mecanização da semeadura de um genótipo de cártamo em duas profundidades de semeadura (4,5 e 6,5 cm) e três níveis de cargas aplicadas à roda compactadora (117,7 156,9 e 196,1N) no crescimento e produtividade da cultura durante os estágios de pré/pós emergência, floração e colheita na região de Toledo-PR. A regulagem das três pressões aplicadas sobre o solo pelas rodas compactadoras foi operada manualmente acionando-se a tração de uma mola helicoidal. Os três níveis de pressão das rodas compactadoras foram determinados pela relação entre a força aplicada sobre o solo e a área de contato das rodas. A regulagem de profundidade de semeadura nesta semeadora se dá pelo ajuste das rodas limitadoras de profundidade em relação ao disco duplo sulcador de deposição das sementes. Ambas as regulagens foram modificadas fileira por fileira da máquina em cada parcela durante a operação de semeadura. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial 2 × 3, com quatro repetições. A presença de diferença estatística nos tratamentos profundidade em relação a produtividade do cártamo, mesmo na ausência de significância nos parâmetros avaliados durante o estádio de emergência contrariou os resultados obtidos por outros autores. Para o cártamo, essa compensação da variação espacial também pode ser comum. A existência de diferença estatística na variável produtividade pode estar relacionada ao fato de que maiores cargas impostas pela roda compactadora, de acordo com as condições físicas e umidade do solo no momento da semeadura, favoreceram o processo de crescimento do cártamo. A compactação das rodas compactadoras elevou a permeabilidade do solo, maximizou a condução de água e absorção de nutrientes na zona radicular. O comprimento de raiz, altura de planta, diâmetro de caule e massa seca de planta aos 30 DAE foram beneficiadas pela semeadura em profundidade de 4,5 cm em relação a profundidade de 6,5 cm. A produtividade de grãos foi maior em semeadura na profundidade de 4,5 cm, enquanto que em relação ao fator pressão de roda compactadora, maior produtividade de grãos foi observada em pressão de 196,1 N. O sistema de preparo do solo alterou superficialmente a estrutura do solo, pelo fraturamento dos agregados e desenvolvimento de poros.

Palavras-chave. *Produtividade, culturas energética, agroenergia*

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE ETANOL PRODUZIDO A PARTIR DA CANA-DE- AÇÚCAR: UMA MACROANÁLISE DE ARTIGOS E PATENTES

Mariane de Poli[1], Suzana Borschiver[2]

[1] *Mestranda em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos – EQ/UFRJ, marianedepoli@gmail.com*

[2] *Doutora em Ciências e Professora Titular da Escola de Química da UFRJ na Área de Gestão e Inovação Tecnológica*

Resumo

A utilização irrestrita de combustíveis com origem fóssil vem sendo gradativamente substituída pelos biocombustíveis de origem renovável. A porcentagem do uso desse tipo de fonte de energia, na matriz energética mundial, cresce a cada ano. Sendo assim, o mapeamento das inovações tecnológicas nessa área torna-se essencial para a observação do comportamento do mercado mundial energético. O Brasil é o maior produtor mundial de etanol oriundo da cana-de-açúcar, este biocombustível vem sendo estudado há anos e se apresenta como uma alternativa para os combustíveis derivados do petróleo. Neste artigo foi utilizada a metodologia de prospecção tecnológica, na qual as tendências de inovação foram avaliadas a partir da análise de artigos científicos e patentes depositadas. A evolução cronológica do setor demonstrou um vertiginoso aumento do interesse pela área ao longo dos anos, desde 2002. Os principais países que investem no setor são o Brasil, Estados Unidos, China e Índia, com destaque para os três primeiros. A tecnologia do etanol de segunda geração também pode ser observada ao longo da pesquisa, por meio de patentes na área da bioquímica e estudo de enzimas.

Palavras-chave. Bioetanol. Cana-de-açúcar. Prospecção Tecnológica. Patentes.

Introdução

Representando ainda mais de 80% da matriz energética mundial, os combustíveis fósseis geram grande preocupação por seus incontestáveis danos ao meio ambiente e também por se configurarem em fontes não-renováveis de energia (IEA, 2018). Em 2018, a demanda mundial de energia aumentou 2,3%, representando um crescimento anual recorde nos últimos dez anos. Por consequência, as emissões globais de CO_2 aumentaram 1,7% no mesmo ano. Sendo assim, os biocombustíveis se configuram como um vetor fundamental de mudança, indispensável para se alcançar as metas de desenvolvimento sustentável mundiais. (CANILHA et al., 2010)

O etanol produzido a partir de biomassa é um biocombustível produzido em larga escala e com perspectiva de crescimento para os próximos anos, uma vez que é capaz de concorrer

com combustíveis derivados de petróleo (MILANEZ et al., 2008). Dados do último relatório energético, da Agência Internacional de Energia, estimam que o etanol será responsável por dois terços do incremento na produção total de biocombustíveis, entre os anos de 2018 e 2023 (IEA, 2018). A produção mundial de etanol em 2018 foi de aproximadamente 108 bilhões de litros, sendo Brasil e Estados Unidos responsáveis por 84%. O Brasil sozinho produz 28% do etanol no mundo, o biocombustível brasileiro é oriundo, principalmente, da cana-de-açúcar, uma vez que o país é o maior produtor mundial desta matéria-prima (RFA, 2019).

Portanto, o objeto de estudo escolhido para realização da prospecção tecnológica foi o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar. Essa metodologia permite o mapeamento das inovações e tendências tecnológicas mundiais para este biocombustível. Ela avalia por meio de uma macroanálise dos documentos pesquisados: a evolução da publicação de artigos e deposição de patentes ao longo dos anos, os principais *players* envolvidos no setor e a situação brasileira no campo estudado.

Material e Métodos

O levantamento dos artigos científicos foi realizado com busca por palavras-chave na base de dados Scopus[3], que é a base de referência da Editora Elsevier. A pesquisa por patentes e pedidos de patentes foi efetuada no banco de patentes Derwent Innovations Index[4], considerada a mais abrangente do mundo no que tange patentes internacionais, contando com 47 órgãos emissores de patentes. As buscas foram realizadas com as palavras-chave e seus respectivos operadores lógicos booleanos: “ethanol”, “OR”, “bioethanol”, “AND”, “sugarcane”, “OR”, “cane” nos campos título do artigo/patente, resumo e palavras chave, de forma a obter o maior número possível de documentos.

No caso dos artigos foram excluídos os resultados categorizados na área de Ciências Sociais. A estratégia para reduzir as patentes não pertinentes foi filtrar os resultados que contivessem os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) relevantes para o estudo.

Resultados e Discussões

A análise macro dos artigos aborda os países que apresentam maior número de documentos, a série histórica de publicações, os autores mais importantes e a área de conhecimento. O total de arquivos analisados foi da ordem de 3.138 documentos.

O primeiro artigo registrado sobre o assunto data do ano de 1976, no ano anterior havia sido criado, no Brasil o Programa Nacional do Álcool para estimular a produção do etanol da cana-de-açúcar. Entretanto, o primeiro aumento ocorre apenas no ano de 2002, que coincide com o aumento do preço do barril de petróleo dos anos 2000, estimulando o desenvolvimento de pesquisas que tornassem o etanol da cana-de-açúcar mais competitivo. A Figura 1 mostra como se deu esse crescimento no número de publicações e comprova que o interesse por esse biocombustível vem crescendo a cada ano.

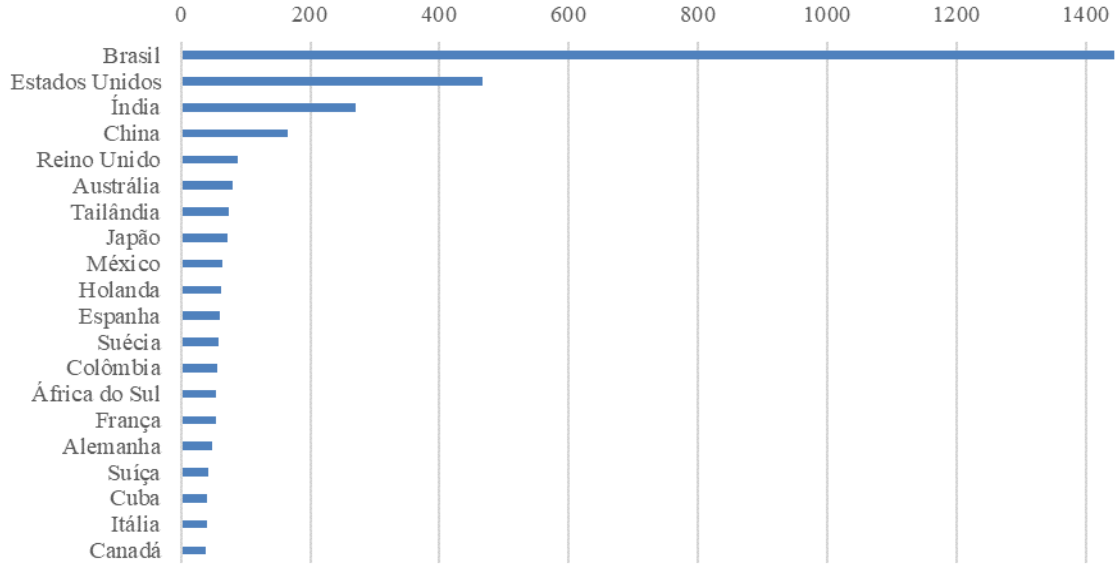
[3] Site do banco de dados disponível em: <http://www.scopus.com/>. Acesso em 20 abr. 2019
[4] Site do banco de dados disponível em: <https://www.webofknowledge.com/>.Acesso em 10 abr. 2019

Figura 1 – Número de artigos em relação ao ano de publicação.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da prospecção realizada na base Scopus.

A Figura 2 mostra os vinte países com maior número de publicações sobre o assunto estudado.

Figura 2 – Número de artigos por países de origem.

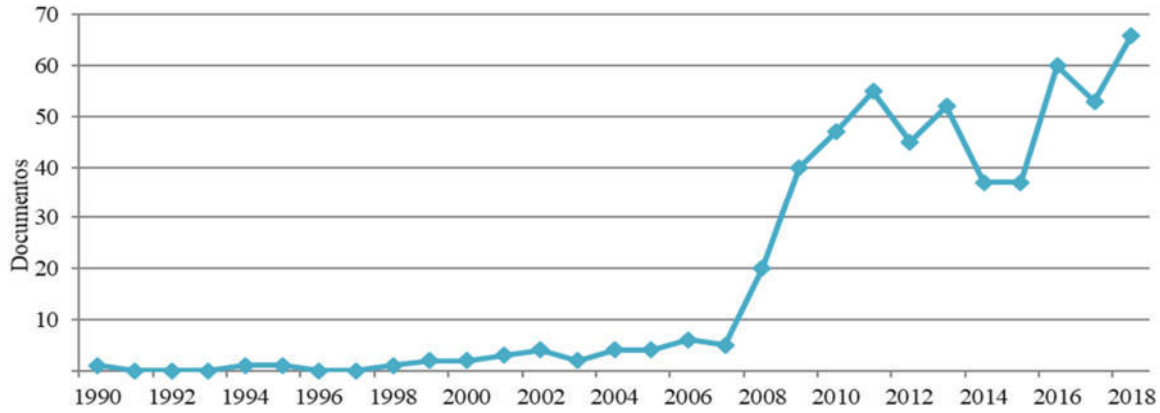


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da prospecção realizada na base Scopus.

Como a pesquisa foi realizada abrangendo apenas o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar, o Brasil aparece em primeiro lugar, com um número de publicações muito superior aos demais, totalizando 1.445 artigos. Em seguida, pode-se observar que os Estados Unidos, apesar de possuir seu foco na produção de etanol a partir do milho, também demonstra interesse em pesquisar essa variação de produção do biocombustível. Também vale destacar a presença da China e da Índia nesse *ranking*, países que são sempre polos de inovação acadêmica e industrial.

A análise das patentes depositadas gerou a Figura 3, que apresenta a distribuição das patentes depositadas por ano de prioridade, observa-se que o gráfico se comporta de forma similar ao dos artigos.

Figura 3 – Número de patentes em relação ao ano de prioridade.

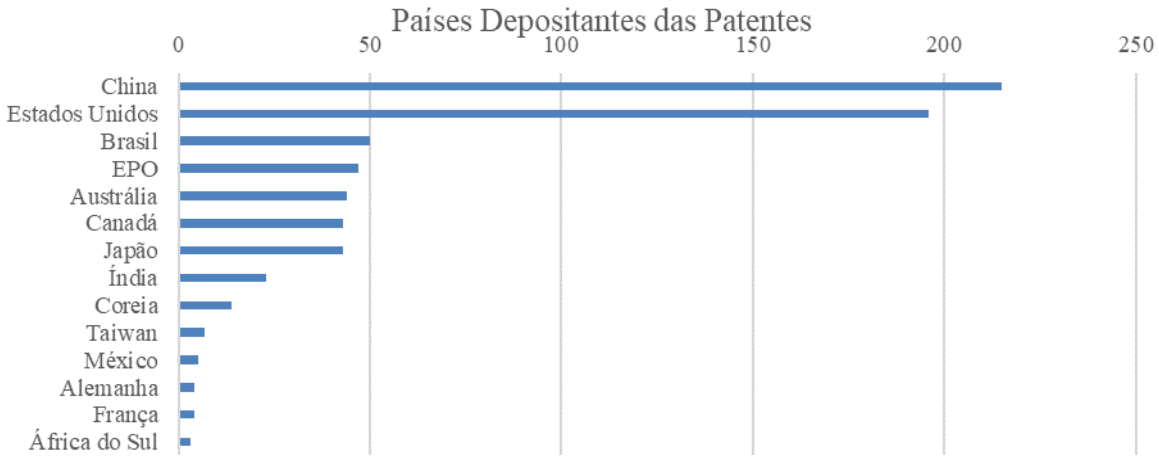


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da prospecção realizada na base Derwent Innovations Index.

O primeiro registro de patente encontrado data do ano de 1983, que não foi mostrado no gráfico, pois não houve nenhuma deposição nova até 1990. Assim como no caso dos artigos, também é possível observar um crescente aumento no interesse em proteger tecnologias relacionadas ao biocombustível estudado. Desde 2008 há uma tendência de aumento do número de deposições, apesar de ter sofrido uma leve queda entre os anos de 2011 e 2015.

Na Figura 4 são mostrados os principais países depositantes das patentes, com destaque para China e Estados Unidos.

Figura 4 – Distribuição de patentes em relação ao país depositante.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da prospecção realizada na base Derwent Innovations Index.

Nesse gráfico ocorre uma inversão em comparação aos artigos, apesar do Brasil ser o maior produtor de etanol oriundo da cana-de-açúcar e publicar o maior número de artigos, ele ocupa apenas a terceira posição do número de patentes depositadas, com valores muito inferiores aos da China e Estados Unidos. Este fato demonstra a dificuldade de aproximação entre a comunidade acadêmica e a indústria brasileira, gerando uma discrepância extremamente significativa entre a capacidade de produzir artigos e a de gerar patentes.

A sigla EPO que aparece no gráfico se refere ao Escritório Europeu de Patentes, alguns autores optam por depositar as patentes nele primeiro para garantir a proteção do documento em todos os países membros.

Outra análise que pode ser realizada nesse estudo é quanto aos códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Quantitativo da busca de documento de patentes

CIP	Patentes Depositadas
C12P-007	395
C12P-0019	185
C12N-001	80
C12N-015	66
C12N-009	61
C05G-003	40
C13K-001	34
C12M-001	29
C12P-000	27
C12R-001	26
C12P-001	25

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da prospecção realizada na base Derwent Innovations Index.

A maior parte das patentes encontradas foi classificada sob o código da subclasse C12P (C12P-007 e C12P-019), que abrange os processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado. Outra subclasse que também aparece em dezenas de patentes é a C12N (C12N-001, C12N-015, C12N-009), que corresponde aos estudos de micro-organismos e enzimas. Esta última classificação (C12N) reflete o aumento das pesquisas do chamado etanol de segunda geração ou etanol lignocelulósico, que utiliza o bagaço e a palha da cana-de-açúcar para produzir o biocombustível. O uso desses resíduos é uma forma de aumentar a produção do bioetanol sem ter que aumentar a área plantada, aproveitando o máximo possível da matéria-prima.

Conclusões

A prospecção tecnológica tenta prever os possíveis cenários e tendências futuros a partir de dados científicos e tecnológicos passados. Essa metodologia é uma importante ferramenta para o mapeamento do estado da arte das inovações tecnológicas, pois demonstra os principais vanguardistas e as intenções e propensões dos países quanto ao assunto em questão.

Este estudo apontou o aparecimento das patentes envolvendo micro-organismos e enzimas, que indica o avanço das pesquisas para tornar o etanol de segunda geração viável e competitivo economicamente. Essa tecnologia é relativamente recente, tendo se tornado cada vez mais expressiva, exigindo um alto nível de integração entre as áreas de química e bioquímica, devido a complexidade dos projetos.

Outro ponto importante é a existência de uma lacuna entre a pesquisa científica teórica e os resultados práticos industriais, como produção de patentes, principalmente no caso brasileiro. Uma vez que, mesmo sendo o maior produtor de etanol a partir da cana-de-açúcar, o Brasil figura apenas em terceiro lugar no que tange ao depósito de patentes. Portanto, faz-se necessária uma transformação organizacional, com a utilização de ferramentas e estudos prospectivos para auxiliar os governos e investidores a apoiarem novas tecnologias e aproximá-los do meio acadêmico, tornado o processo de inovação tecnológica mais célere.

Referências Bibliográficas

CANILHA, L.; MILAGRES, A. M. F.; SILVA, S. S.; SILVA, J. B. A.; FELIPE, M. G. A.; ROCHA, G. J. M.; CARVALHO, W. Sacarificação da biomassa lignocelulósica através de pré-hidrólise ácida seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia de "desconstrução" da fibra vegetal. Rev. Analytica. p. 44-48, 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Word Energy Outlook. 2018. Dísponível em: <https://www.iea.org/weo/> Acesso em: 20 abr. 2019.

MILANEZ, A. Y.; FILHO, P. S. C.;e ROSA, S. E. S. Perspectivas para o Etanol Brasileiro. Estudo Setorial, BNDES, 2008.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION – RFA. World Fuel Ethanol Production. 2018. Disponível em: https://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1549569130196-da23898a-53d8 Acesso em: 20 abr. 2019.

Reflexos das impurezas minerais na qualidade da cana-de-açúcar

Bruna Regina Trovarelli Guimarães [1], Flávia Luize Pereira de Souza [2], Mateus de Campos Leme[3], Gustavo Henrique Gravatim Costa [4], Sergio Campos [5]

[1]*Universidade do Sagrado Coração, Departamento de Ciências Exatas, Graduada em Engenharia Agronômica, e-mail: trovarellibruna@gmail.com*

[2] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Mestranda no Programa de Energia na Agricultura*

[3] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Mestrando no Programa de Energia na Agricultura*

[4] *Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Exatas e da Terra. Professor*

[5] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Professor*

Resumo

Com a implantação da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, devido aos problemas operacionais, econômicos e principalmente ambientais, várias impurezas são coletadas com a matéria-prima e enviadas para as usinas, prejudicando o processo da produção. Esse estudo tem como objetivo mostrar o desempenho operacional e econômico, de acordo com os reflexos de diferentes concentrações de solo arenoso, sobre a qualidade da matéria-prima. A matéria-prima utilizada foi a variedade RB867515, colhida no período útil de industrialização (PUI), na região de Bauru/SP. O solo utilizado foi o Latossolo amarelo distrófico (arenoso). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram: Testemunha: 100g de Cana + 0g de Solo; T1: 90g de Cana + 10g de Solo; T2: 80g de Cana + 20g de Solo; T3: 70g de Cana + 30g de Solo e T4: 60g de Cana + 40g de Solo. Os resultados do estudo mostraram que a presença de solo arenoso em concentrações acima da 5% na matéria-prima aumenta o Brix, Pol e a Pureza do caldo. Além disso, altera e eleva o peso de PBU, da Fibra Consecana e Fibra Tanimoto, resultando em superestimação do preço da matéria-prima e do teor de açúcares a ser recuperado pela fábrica.

Palavras-chave. Cana-de açúcar. Colheita mecanizada. Brix. Pol. Impurezas.

Introdução

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, uma das culturas de grande importância para o agronegócio do país, a qual seu processamento resulta na produção de açúcar, etanol e energia elétrica (CONAB, 2019). Deve-se ressaltar que esses três produtos destacam-se na balança comercial brasileira, tendo em vista que o país é maior produtor mundial de açúcar, segundo maior produtor de etanol, e a produção de energia elétrica a partir do bagaço e palha da cana representa 10% da matriz elétrica nacional (UNICADATA, 2019).

Objetivando atender a legislação brasileira, bem como aumentar os rendimentos e eficiência agrícola, o setor canavieiro adota desde meados dos anos 2000 a colheita mecanizada sem queima prévia da palhada. Essa tecnologia conta com colhedoras que possuem rendimento de até 700 toneladas de cana dia (BIASOTTO, 2017) e no Brasil está presente em 91,6% das áreas de canaviais na safra 2018/2019 (CONAB, 2018).

Embora a tecnologia seja difundida há algum tempo, apresenta gargalos que refletem diretamente sobre a qualidade da matéria-prima colhida que chega a indústria. Entre esses, deve-se destacar a presença de impurezas minerais (terra) que são carregadas no ato da colheita da cana, e quando presentes na indústria diminuem a quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) – método de remuneração da matéria-prima para o fornecedor, bem como danificam equipamentos por meio de ação de cisalhamento e entupimento de bombas e tubulações, gera aumento do consumo de polímero no tratamento do caldo e, por fim, aumento da produção de torta-de-filtro (BRASSOLATTI et al., 2016). Portanto, há gasto para transportar a terra do campo para a indústria e custo para retorná-la na forma de torta-de-filtro (BENEDINI; BROD; PERTICARRARI, 2009).

Neste contexto, deve-se ressaltar que o tipo de solo pode refletir diretamente sobre o processamento industrial da matéria-prima, devido a suas características físicas. Com isso, o objetivo desse trabalho foi verificar os reflexos de diferentes concentrações de solo arenoso, sobre a qualidade da matéria-prima.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Biomassa e Bioenergia da Universidade do Sagrado Coração de Bauru-SP, na safra 2017/2018. Foram utilizados colmos da variedade RB867515, colhidos no período útil de industrialização (PUI), manualmente e sem queima prévia da palha, em unidades agroindustriais da região de Bauru.

O solo utilizado foi o latossolo amarelo distrófico (arenoso), obtido na Fazenda Experimental da USC, em Agudos-SP. Esse foi coletado no dia anterior ao experimento, sendo conservado a temperatura de 30ºC. Nos dias de coleta, os colmos foram desfibrados, em desfibrador tipo forrageira e posteriormente misturado com solo. O delineamento experimental foi constituído pelos seguintes tratamentos (Tabela 1):

Tabela 1. Tratamentos realizados com colmos desfibrados e solo.

Tratamento	Peso Cana (g)	Peso Solo (g)	Proporção cana (%)
T0	500g	0g	100%
T1	475g	25g	95%
T2	450g	50g	90%
T3	425g	75g	85%
T4	400g	100g	80%

T5	375g	125g	75%

A seguir as amostras foram pesadas e submetidas a extração do caldo em prensa hidráulica, sob pressão de 250kgf/cm^2 por 1 minuto (CONSECANA, 2006). Os caldos foram caracterizados quanto ao Brix, pH, Pol, Pureza, Fibra, ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) (CONSECANA, 2006), Açúcares Redutores Totais (MILLER, 1959), Acidez Total, Fosfatos Totais (CTC, 2005), Compostos Fenólicos Totais (FOLIN; CIOCALTEU, 1927) e Amido (CHAVAN et al., 1991).

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas segundo teste de Tukey (5%), por meio do programa AgroEstat.

Resultados e discussão

Os valores médios observados para Brix, Pol, Pureza e Açúcares Redutores do caldo extraído a partir de matéria-prima com diferentes quantidades de terra, estão representados na Tabela 2.

Tabela 2. Purezas da Cana-de-açúcar, verificação do Brix, Pol, Pureza e AR.

Tratamentos	Brix	Pol	Pureza %	AR
100% Cana	17,7c	15,2b	85,9c	0,58a
95% Cana + 5% Terra	21,0a	18,9a	90,1ab	0,45abc
90% Cana + 10% Terra	19,3b	16,9b	87,8bc	0,51ab
85% Cana + 15% Terra	22,0a	20,2a	91,6a	0,39bc
80% Cana + 20% Terra	22,2a	20,5a	92,0a	0,38c
75% Cana + 25% Terra	21,9a	20,0a	91,4a	0,41bc
DMS	1,35	1,75	2,59	0,12
CV%	1,64	2,36	0,72	6,90

Letras minúsculas comparam coluna. Letras diferentes diferem tratamentos para o teste de Tukey (5%). DMS – Desvio mínimo significativo. CV% - Coeficiente de variação.

Após a avaliação do Brix foi observado na Tabela 2, que 5% de terra na matéria-prima foi suficiente para aumentar esse parâmetro em até 22,7% em relação ao tratamento 100% cana. Esses resultados são similares aos obtidos por Vasconcelos (2010) que no processamento industrial da variedade RB867515 encontrou Brix de 23%. Desta maneira, nota-se que a terra influencia significativamente nesse parâmetro.

No teor de Pol do caldo (Tabela 2) ao acrescentar de 5% a 25% de terra na matéria-prima, os valores se alteram em cerca de 20,5%, em relação ao tratamento testemunha.

A pureza da cana é um fator importante para as usinas, corresponde ao teor de sacarose presente no produto colhido e, consequentemente, a quantidade de açúcar a ser recuperado pela fábrica (VIAN, 2017). Houve uma variação dos valores obtidos, um aumento de acordo com aumento de terra na matéria-prima.

No parâmetro AR (Açúcares redutores) (Tabela 2) os valores diminuíram de 0,58A (cana pura), para 0,38C (presença de 20% de solo), uma queda de cerca de 30%. Dessa forma, o teor de

terra coletado com a matéria-prima pode alterar a análise de açúcares redutores, subestimando os valores reais, um problema para a fábrica, o excesso de AR dificulta a cristalização da sacarose durante o processo de fabricação de açúcar (ALBUQUERQUE, 2011).

Os valores médios observados para PBU (Peso do bolo úmido), Fibra Consecana, Fibra Tanimoto, ATR Consecana e ATR Tanimoto do caldo extraído a partir de matéria-prima contendo diferentes quantidades de terra, estão contidos na Tabela 3.

Tabela 3. Teores de Fibra da matéria-prima, valores do PBU, Fibra Consecana, Fibra Tanimoto, ATR Consecana e ATR Tanimoto.

Tratamentos	PBU	Fibra Consecana	Fibra Tanimoto	ATR Consecana	ATR Tanimoto
		%		Kg Açúcar/t	
100% Cana	146,4c	12,5c	15,9c	128,6c	128,2b
95% Cana + 5% Terra	155,3c	13,3bc	17,3c	155,1a	154,6a
90% Cana + 10% Terra	162,1bc	13,8bc	19,7bc	138,8b	136,2b
85% Cana + 15% Terra	182,6ab	15,4ab	24,4ab	158,6a	153,3a
80% Cana + 20% Terra	192,7a	16,2a	25,7a	158,4a	153,5a
75% Cana + 25% Terra	201,1a	16,4a	27,2a	161,0a	148,6a
DMS	26,99	2,34	5,72	8,09	10,9
CV%	3,91	4,02	6,61	1,35	1,88

Letras minúsculas comparam coluna. Letras diferentes diferem tratamentos para o teste de Tukey (5%). DMS – Desvio mínimo significativo. CV% - Coeficiente de variação.

Na Tabela 3 o peso de PBU obteve um aumento em até 50g com a presença de 25% de terra na matéria-prima, esse aumento ocorreu devido a umidade e peso do solo presente no material. O PBU é utilizado como base de cálculo para determinação da fibra, quanto maior o peso do PBU, maior o teor de fibra a ser mensurado para a matéria-prima (CONSECANA, 2006).

Para a fibra Consecana (2006) houve um aumento de até 4% em relação a testemunha. Essa superestimação do teor de fibra, acarreta adaptações na mesa de preparo e na moenda da usina para receber essa matéria-prima.

Segundo a metodologia Tanimoto para determinação da fibra a secagem da matéria-prima apresentou resultados de até 27% de fibra na cana (25% de terra). Valores elevados comparados aos obtidos por Ravaneli (2010).

Outro dado importante para a usina é o ATR Consecana, os valores (Tabela 3) apresentaram alteração em relação a cana pura, porém não se alteraram de forma significativa de acordo com o acréscimo de adição de terra de 5% a 25%. Essa variação foi da ordem de 3% apenas, diferente da matéria-prima pura que varia em 21%. Porém, esses valores são altos se comparados com os obtidos por Fortes (2003), onde o ATR, sobre a estimativa de produtividade agroindustrial alteraram em 9,21%, sendo de 0,4180 para 0,4524 (FORTES, 2003).

O ATR Tanimoto é utilizado pelas usinas para determinar o pagamento da cana-de-açúcar ao produtor. Na presença de um material de resíduo mineral na composição da matéria-prima, os

valores de ATR Tanimoto aumentam significativamente, ou seja, é um prejuízo para a empresa que compra o material do produtor, porque o valor pago do material será referente a um volume de ATR Tanimoto com presença de outros materiais que não são açúcares (COSTA; MASSON; MUTTON, 2017).

Os valores médios observados para pH, Acidez Total, Fenol, Cinzas e Fósforo do caldo extraído a partir de matéria-prima contendo diferentes quantidades de terra, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Acidez da matéria-prima, valores de pH, Acidez Total, Fenol, Fósforo e Cinzas.

Tratamentos	pH	Acidez Total	Fenol	Fósforo	Cinzas
		$g.L^{-1}$ H_2SO_4	mg/L		%
100% Cana	5,0ab	1,59a	290,7a	438,0a	0,65a
95% Cana + 5% Terra	5,1a	1,41a	292,4a	447,8a	0,64a
90% Cana + 10% Terra	4,9ab	1,47a	296,3a	431,7a	0,63a
85% Cana + 15% Terra	5,1a	1,41a	317,8a	368,5a	0,63a
80% Cana + 20% Terra	4,8b	1,41a	309,9a	526,6a	0,63a
75% Cana + 25% Terra	4,7b	1,71a	313,5a	454,7a	0,62a
DMS	0,22	0,61	46,6	386,0	0,03
CV%	1,13	10,23	3,85	21,8	1,43

Letras minúsculas comparam coluna. Letras diferentes diferem tratamentos para o teste de Tukey (5%). DMS – Desvio mínimo significativo. CV% - Coeficiente de variação.

O pH do material apresentou uma variação pequena entre os tratamentos. Entretanto, esses resultados não permitem associação entre a presença de terra e o pH da matéria-prima. Além disso presença de terra não altera o parâmetro de Acidez Total da cana-de-açúcar. Contudo, para o processamento da matéria-prima a acidez do caldo deve ser inferior a $0,8g/^{-1}$ H_2SO_4 para eficientes recuperações industriais (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

Para Fenol, Fósforo e Cinzas no caldo extraído, a presença de terra não alterou esses parâmetros em relação ao tratamento testemunha. Os valores determinados para fosfatos totais presentes no caldo são similares aos obtidos por Costa (2015), que detectaram teores de 445, 561 e $252mg.L^{-1}$ dessas biomoléculas para as variedades CTC4, CTC7 e CTC14, respectivamente. O mesmo autor, verificou ainda que essas mesmas variedades apresentavam concentrações de 0,49, 0,98 e 0,78% de cinzas, e 492, 701 e $448mg.L^{-1}$ de compostos fenólicos totais.

Conclusões

A presença de solo arenoso em concentrações acima da 5% na matéria-prima aumenta o Brix, Pol e na Pureza do caldo. O mesmo também altera e eleva o peso de PBU, da Fibra Consecana e Fibra Tanimoto, resultando em superestimação do preço da matéria-prima e do teor de açúcares a ser recuperado pela fábrica.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, L. M. *Processo de Fabricação de Açúcar*. 2. Ed. UFPE: Recife, 2011.

BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G. *Perdas e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada*. Boletim técnico. Guariba, 2009. 7p.

BIASOTTO, R. *8 Tecnologias das Colhedoras de Cana para a Maior Eficiência de Colheita*. 2017. Disponível em:<https://robertobiasotto.wordpress.com/2017/05/29/8-tecnologias-das-colhedoras-de-cana-para-a-maior-eficiencia-de-colheita/>. Acesso em: 13/06/2019.

BRASSOLATTI, T. F. Z; VIEIRA, R. C.; COSTA, M. A. B.; BRASSOLATTI, M. Análise do Percentual de Impurezas Vegetais e Minerais Presentes na Cana-de-Açúcar. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação,* 2016. Disponível em:<rinte.ifsp.edu.br/index.php/SInTE/article/download/136/pdf_13>. Acesso em: 13/06/2019.

CHAVAN, S. M.; KUMAR, A.; JADHAV, S. J. Rapid quantitative analysis of starch in sugarcane juice. *International Sugar Journal*, Glamorgan, v. 93, n. 107, p. 56- 59, 1991.

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar.* 2019. v.6. Disponível em: < file:///C:/Users/flavi/Downloads/BoletimZCanaZ1ZLevantamentoZ19-20.pdf>. Acesso em: 20/03/2019.

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar.* 2018. v.5. Disponível em: < file:///C:/Users/flavi/Downloads/CanaZdezembro_1.pdf>. Acesso em: 13/06/2019.

CONSECANA. *Manual de instruções.* 5. ed. Piracicaba, SP, 2006, 54 p.

COSTA, G. H. G. *Emprego do extrato de Moringa (Moringa oleífera Lamarck) na clarificação do caldo de cana para produção de açúcar e etanol*, 2015. 135 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

COSTA, G. H. G. MASSON, I. S. PENA, L. MUTTON, M. J. R. *Teores de fenole cor do caldo clarificado de cana.* Usp, 2017. Disponível em:<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroI

nscricaoTrabalho=3986&numeroEdicao=18>. Acesso em: 15/02/2019.

CTC. Centro de Tecnologia Canavieira. *Manual de métodos de análises para açúcar*. Piracicaba: Laboratório de Análises, 2005. CD-ROM

FOLIN, O.; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *The journal of biological chemistry*, Bethesda, v. 73, n. 2, p. 627-50, 1927.

FORTES, C. Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/LANDSAT 7. 2003. 147 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2013.

MILLER, G. L. *Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar*. Analytical Chemistry, 1959. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60147a030>. Acesso em: 11/03/2019.

RAVANELI, G .C. *Qualidade da matéria-prima, microbiota fermentativa e produção de etanol sob ataque de Mahanarva fimbriolata em cana-de- açúcar*. 2010. 105 f. Tese (Doutorado em Microbiologia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

RIPOLI T. C. C.; RIPOLI M. L. C. *Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente*. 1ª edição. Barros & Marques Editoração eletrônica. Piracicaba, 2004.

UNICADATA. *Unicadata*, 2019. Disponível em: <www.unicadata.com.br>. Acesso em: 13/06/2019.

VASCONCELOS, R. R. A. *Deterioração da matéria-prima de três variedades de cana-de-açúcar ao longo do tempo no município de Taquarana, estado de Alagoas*. 2010. 28 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2010.

VIAN, C. E. F. *Qualidade de matéria-prima*. Embrapa, 2017. Disponível em:< http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de acucar/arvore/CONTAG01_138_22122006154842.html>. Acesso em: 15/02/2019.

RESPOSTA DO BAMBU GIGANTE Á ADUBAÇÃO NITROGENADA

Amanda Cristina Beal Acosta[1], Elisandra Pocojeski[2], Suelen Fernanda Müller[3]

[1]*Graduanda em Engenharia Florestal - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos-PR, amaanda.23@hotmail.com.*

[2]*Profª Drª Título – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos-PR.*

[3]*Mestranda em Ciência do Solo – Universidade Do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages-SC.*

Resumo

Atualmente há uma grande demanda pelo bambu no Brasil, porém a sua produção em larga escala é limitada devido ao desconhecimento o manejo a ser aplicado nas espécies. Poucas tem sido as pesquisas relacionadas ao manejo da adubação do bambu sob condições brasileiras de solo e clima. Neste contexto este trabalho tem como objetivo avaliar a resposta do bambu gigante a adubação nitrogenada. O trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O clima da região é do tipo Cfa e o solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho. As plantas de bambu foram transplantas na área experimental em dezembro de 2014. Foi conduzido um experimento no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela do bloco foi composta por cinco linhas, com quatro plantas em cada linha, e cada linha correspondendo a uma dose do nutriente. Os tratamentos foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha-1, na forma de ureia, com aplicação em cobertura, sendo metade da dose aplicada em dezembro de 2015 e a outra metade em janeiro de 2016. Também foi adicionada uma dose padrão de P e K. O inventariamento da área ocorreu em de janeiro de 2017, com as seguintes avaliações: a) Área de copa; b) Número de colmos e de brotos; c) Altura e circunferência de colo dos colmos e dos brotos; d) Número de colmos mortos e e) Número de brotos inferiores que 0,10 m de altura. Foram coletadas folhas de cada planta para a determinação dos teores de nitrogênio. As análises estatísticas foram realizadas no software R, com análise de variância e quando significativo ($p \leq 0,05$) realizada a análise de regressão. Houve resposta significativa negativa para as variáveis número de colmos mortos e número de brotos menores que 0,10m, sendo o modelo linear o que melhor expressou o comportamento das variáveis. Não houve resposta significativa para as demais variáveis. O excesso de N pode ter causado toxidade aos brotos e colmos provocando a morte ou ainda causado excesso de crescimento, as quais ficaram mais frágeis e suscetíveis ao tombamento. A partir dos resultados obtidos para as condições experimentais, sugere-se não aplicar doses elevadas de N no *Dendrocalamus giganteus*, pois, não incrementaram o crescimento até o momento das avaliações e causaram efeito negativo em outras variáveis.

Palavras-chave. Adubação mineral; Espécies não madeiráveis; Fertilizantes.

Introdução

O sucesso da produção de bambu pode ser evidenciado nos países asiáticos, onde a sua aplicação é bastante abrangente. A China é o país onde o bambu possui mais de quatro mil aplicações de usos diferentes, sendo a maior cadeia produtiva de bambu do mundo, movimentando 6,5 bilhões de dólares, onde cerca de 5 milhões de famílias chinesas sobrevivem do setor (PRIMOS; SOUZA, 2015).

A demanda pelo bambu vem a cada dia aumentando, porém, a sua produção em larga escala no Brasil é reprimida a fatores culturais e ao desconhecimento do manejo a ser adotado. A fim de fortalecer a cadeia produtiva do bambu no Brasil, foi criada a lei 12.484 de 8 de setembro de 2011, que incentiva o manejo sustentado e a cultura do bambu, que passa a ser tratado como um produto agrícola, e o produtor passou a possuir linhas de financiamento para o seu cultivo. Porém, ainda há poucas pesquisas relacionadas ao manejo da adubação das espécies em condições brasileiras, o que evidência a necessidade de novos trabalhos nesta área, para subsidiar o desenvolvimento da cultura no país.

A prática da adubação é indispensável para o pleno desenvolvimento cultural e obtenção de alta produtividade. O nitrogênio (N), é um nutriente que limita o crescimento vegetal e é de total importância que esteja disponível em quantidades suficientes no solo para que a planta possa absorve-lo (MALAVOLTA, 1976). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento do *Dendrocalamus giganteus* (Bambu gigante) em função da adubação nitrogenada.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O clima da região é do tipo Cfa e o solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho. As plantas de bambu foram transplantas na área experimental em dezembro de 2014.

Foi conduzido um experimento no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela do bloco foi composta por cinco linhas, com quatro plantas em cada linha, e cada linha correspondendo a uma dose do nutriente. Os tratamentos foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha-1, na forma de ureia, com aplicação em cobertura, sendo metade da dose aplicada em dezembro de 2015 e a outra metade em janeiro de 2016. Também foi adicionada uma dose padrão de P e K.

O inventariamento da área ocorreu em janeiro de 2017, com as seguintes avaliações: a) Área de copa; b) Número de colmos e de brotos; c) Altura e circunferência de colo dos colmos e dos brotos; d) Número de colmos mortos e e) Número de brotos inferiores que 0,10 m de altura.

As análises estatísticas foram realizadas no software R, com análise de variância e quando significativo ($p \leq 0,05$) realizada a análise de regressão.

Resultados e discussão

Houve resposta significativa negativa para as variáveis número de colmos mortos (Figura 1) e número de brotos menores que 0,10m (Figura 2). Não houve resposta significativa para as demais variáveis.

Figura 1: Número de colmos mortos em função da adubação nitrogenada.

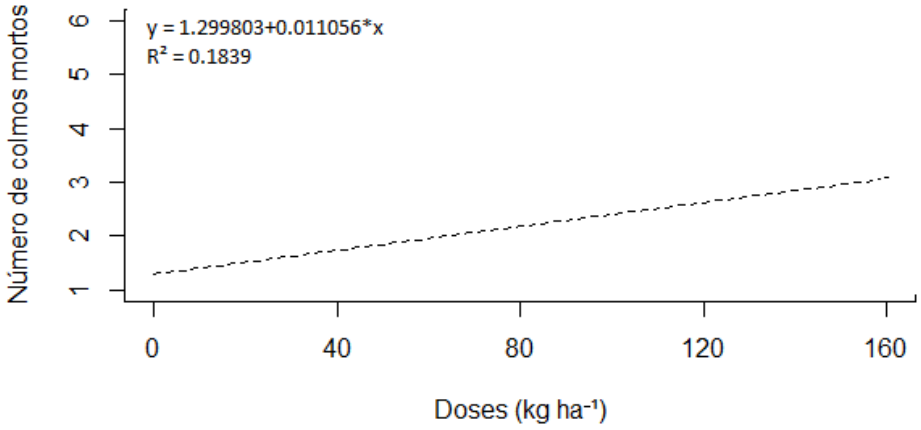
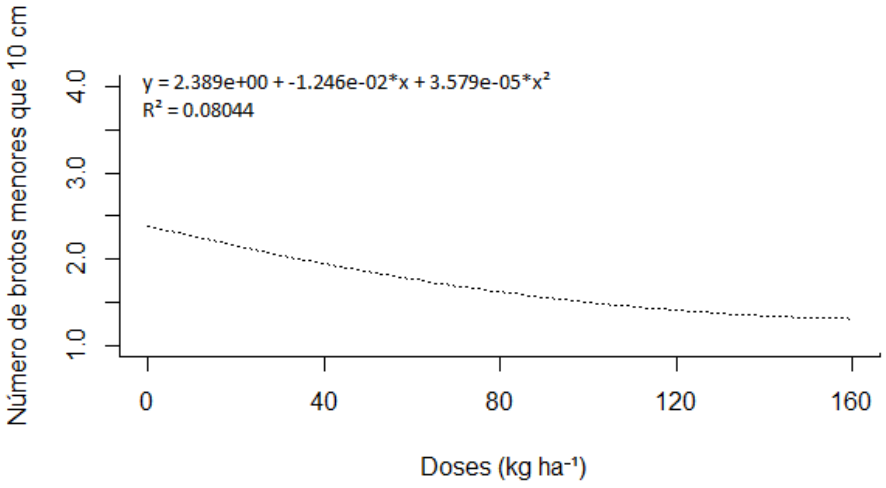
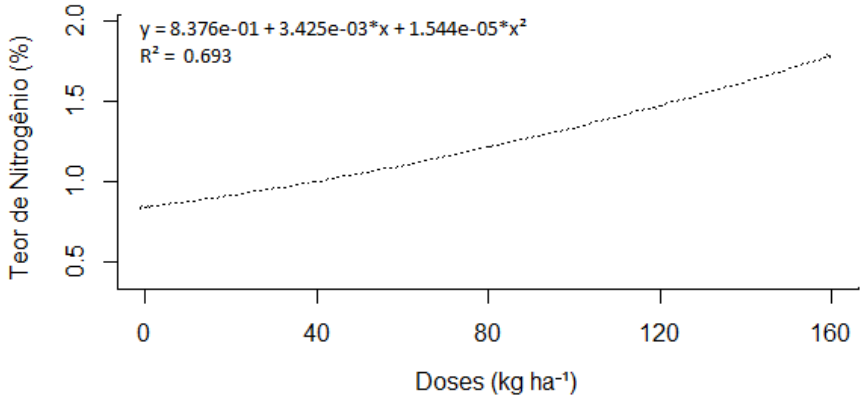


Figura 2: Número de brotos menores que 10 cm em função da adubação nitrogenada.



Houve resposta significativa positiva no acúmulo de N nas folhas de bambu (Figura 3). O excesso de N pode ter causado toxidade aos brotos e colmos provocando a morte ou ainda causado o crescimento demasiado da planta, as quais ficaram mais frágeis e suscetíveis ao tombamento. Salvador et al. (1999), relata que excessos de doses de nitrogênio pode induzir o processo de toxidade as plantas, uma vez que promove a deficiência ou redução da absorção de outros nutrientes. O acúmulo de N nas folhas pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Teor de nitrogênio nas folhas de bambu em função da adubação nitrogenada.



A ausência de resposta das demais variáveis pode estar relacionada ao bambu ser uma espécie perene, e em função do tempo entre a adubação e as avaliações ser relativamente curto**.**

Conclusões

A adubação mineral de N proporcionou o aumento dos teores no tecido foliar das plantas.

A partir dos resultados obtidos para as condições experimentais, sugere-se não aplicar doses elevadas de N no *Dendrocalamus giganteus*, pois, não incrementaram o crescimento até o momento das avaliações e causaram efeito negativo em outras variáveis.

Referências Bibliográficas

PRIMOS, Gomes S.; SOUZA, Fernandes I. A versatilidade da produção e uso do bambu. **IV JORNACITEC - Jornada Científica e Tecnológica**. Botucatu: FATEC. 2015. p. 6.

BRASIL**, lei nº 12.484, desde setembro de 2011.** Política Nacional de incentivo ao

Manejo Sustentado e ao cultivo do Bambu e dá outras providências. Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2011/lei/l12484.htm.< Acesso em: 17 mar. 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola :** nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976. 528p.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A; MURAOKA, T. **Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 9, p. 1655-1662, 1999.

TEOR DE ÓLEO DO GRÃO DE CRAMBE EXTRAÍDO SOBRE DIFERENTES VARIAÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA

Julie Cristina de Oliveira Meulam[1] Rodrigo Techio Bressan[2], Hamom Ventura Rodrigues[2] Reginaldo Ferreira Santos[3]

[1]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura - PPGEA, juliemeulam.enf@hotmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – PPGEA*

[3]*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Docente do Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – PPGEA*

Resumo: *O Crambe abyssinica (Hochst) ou apenas crambe, é uma planta oleaginosa da família das crucíferas, essa cultura vem sendo utilizada como uma alternativa para os períodos de entressafra, por ser uma planta de cobertura e possuir características como rusticidade, tolerância a baixas temperaturas e períodos de seca. Durante a década de 1980 o crambe foi amplamente estudado nos Estados unidos, sendo o principal atrativo dessa cultura o alto teor de azeite com cerca de 33% de teor de óleo nas sementes. Sendo o crambe uma nova cultura implantada com demandas necessárias para processos de extração energética, torna-se de grande importância estudos voltados as variáveis que promovem o máximo rendimento do óleo. Diante dessa conjuntura, o óleo produzido através de vegetais, e extraído através de prensas, tem grande vantagem na produção de energia, principalmente em regiões afastadas que necessitam de autossuficiência energética, ou ainda em regiões com culturas são favoráveis para a extração de óleo. Assim, o presente trabalho visou aperfeiçoar o processo de prensagem mecânica contínua em prensa mecânica, sendo avaliado o efeito das variáveis independentes de temperatura de extração e o teor de umidade adicionado aos grãos de crambe no rendimento de extração de óleo bruto, além da caracterização química e física do óleo bruto e da torta. O delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo assim, cada extração mecânica de óleo foi dividida em quatro teores de umidade relativos de água adicionada a amostra (0; 2; 3,5 e 5%) e quatro faixas de temperatura (80, 100, 120 e 140˚C) para a extração de óleo de crambe. Foram avaliados os óleos vegetais através de índice de acidez, umidade do óleo, massa específica e viscosidade. Os dados coletados das amostras de óleo bruto da semente de crambe foram analisados segundo o teste de variância indicando se existem efeito dos tratamentos. Os resultados mostratam que os maiores rendimentos de óleo bruto de crambe estão relacionados aos maiores valores de teor de umidade relativa e de temperatura de extração dos grãos durante a prensagem, assim, na faixa de temperatura de 140 a 160□ e teor de umidade relativa de 5% o rendimento de óleo numérico será máximo 22,63%. O segundo maior rendimento está na faixa de temperatura de 120 a 140□ com teor de umidade relativa de 2,0% em que o rendimento de óleo será de 20,19 %. O terceiro rendimento foi obtido na temperatura de 80 a 100°C com umidade relativa de 5% com rendimento de 21,50% e o quarto rendimento foi obtido com temperatura de 100 a 120°C e com umidade relativa de 5% com rendimento de 12,22%.*

PALAVRAS CHAVE: Crambe abyssinica, extração de oléo.

Capítulo 2. Biomassa Florestal

A Utilização de Biomassa Lenhosa em Pizzarias do município de Chapecó, SC

Lucas Arno[1], Saulo Jorge Téo[2]

[1]*Afiliação: Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na Funoesc/Facisa – Xaxim SC, lucasarno1@hotmail.com.*
[2] *Afiliação: Professor Dr. da Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc e da Funoesc/Facisa – Xaxim SC, saulo.teo@unoesc.edu.br*

Resumo

A utilização da biomassa florestal tem sido uma importante fonte energética renovável, contudo, acaba disputando o espaço com outras fontes de energia mais caras e não renováveis como gás liquefeito de petróleo GLP. A utilização da lenha para o cozimento dos alimentos é milenar, que vem sendo utilizado ainda na atualidade por alguns estabelecimentos comerciais, pois segundo os mesmos o sabor do alimento é diferenciado. Este trabalho objetivou caracterizar o consumo e a procedência do material lenhoso utilizado em estabelecimentos comerciais do tipo pizzarias, no município de Chapecó, estado de Santa Catarina. Entrevistas foram realizadas com os representantes de cada estabelecimento que utiliza desse tipo de material como fonte de energia, onde foram levantados dados como a procedência do material, a quantidade utilizada e o tipo do material. Foi possível verificar que os estabelecimentos que utilizam da lenha como material energético calorífico, utilizam madeira de reflorestamento, as espécies mais utilizadas são do gênero Eucalyptus, a quantia consumida está entre 5 e 10 metros cúbicos por mês.

Palavras-chave: Lenha. Biomassa Florestal. Fonte de Energia.

Introdução

A biomassa pode ser descrita como todo material orgânico, não fossilizado, que tenha em seu interior, energia química (OMACHI et al., 2004). É uma das mais promissoras na geração de energia renovável, a lenha foi uma das principais formas de geração de energia primária no Brasil por muito tempo. No entanto, a lenha deixou de ser a principal fonte de energia desde a década de 1970, diminuindo significativamente nos anos subsequentes passando de 42% em 1970, para 15% em 1990 e chegando próximo aos 9% em 2015 (BRASIL, 2016).

Apesar da redução na utilização da lenha como material energético, ainda existem alguns estabelecimentos que até o momento continuam utilizando a lenha, no caso das pizzarias, os pizzaiolos na sua maioria tem preferência pela lenha como material energético, pois de acordo com os mesmos o referido material ajuda a melhorar o aroma e o sabor das pizzas (BARROS, 2008). Seu uso se expande diariamente, a maioria das indústrias acabam utilizando a lenha como fonte de energia, e em outros segmentos do ramo alimentício e cerâmico, para o funcionamento de caldeiras e grandes fornos.

Além disso, é possível observar que na região sul do Brasil, a utilização da lenha ainda é elevada principalmente em residências do meio rural, pois é um material energético que pode ser considerado de fácil acesso.

Devido a uma exploração indevida do material lenhoso, pode vir a colocar em ameaça a sustentabilidade dos sistemas, pois se ocorrer a exploração dessa substância de forma descontrolada e excessiva vai acabar ameaçando a sua renovação, podendo causar perdas ambientais irreversíveis, alterações na biodiversidade e até mesmo no clima (LAERENCE; VANDECAR, 2015).

Diante do cenário do aumento no consumo da lenha como material energético, é importante se pensar em um modo produtivo de lenha, o qual possa atender às buscas dos diferentes segmentos de maneira a contribuir para a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Sendo estabelecido plantios somente para atender essa crescente demanda de forma sustentável. A caracterização do consumo de biomassa lenhosa utilizada pelo segmento das pizzarias pode contribuir para a sustentabilidade do fornecimento de lenha para essa cadeia produtiva.

Durante estudos realizados nos municípios de Cruz das Almas na Bahia e na cidade de Aracaju no Sergipe, foram entrevistados estabelecimentos para se saber da caracterização dos materiais lenhosos utilizado pelos mesmos como consumo mensal, características e origem. De acordo com Santos e Gomes (2009), na cidade de Aracaju os comércios utilizam os mais variados tipos de fontes energéticas, como lenha, gás (GLP), eletricidade, gás natural, bagaço de cana, restos de construção e serragens.

Segundo Cavalotti (2018), 60% dos estabelecimentos consultados consideram o material lenhoso indispensável para a preparação de alimentos. Os entrevistados relataram que o alimento acaba ficando mais saboroso com a utilização do material lenhoso. Para Santos e Gomes (2009), a lenha esteve presente em 18 estabelecimentos como única fonte energética, em 2 estabelecimentos utilizam em conjunto lenha e gás (GLP) e apenas um dos estabelecimentos utiliza somente gás (GLP).

Cavalotti (2018), relata que os estabelecimentos se preocupam em conhecer a procedência e a origem do material lenhoso. Mas o mercado de madeira nessa região ainda e de pequena importância, tornando muitas vezes difícil o comercio legalizado.

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a procedência, identificar o tipo, e levantar a quantidade de material lenhoso utilizado em pizzarias no município de Chapecó, Santa Catarina.

Materiais e métodos

Este estudo foi realizado no município de Chapecó, na região Oeste do estado de Santa Catarina. Que se destaca economicamente pelo setor agroindustrial e metalomecânico.

De acordo com Alvares et al. (2013) a área de estudo apresenta uma altitude de 582 m, clima do tipo Cfa, da classificação de Koeppen, ou seja, pertencente à zona subtropical úmida, clima oceânico, sem estação seca, com verão quente. A temperatura média anual da região é de 18,1 ºC, com temperatura média do mês mais frio de 13,5 ºC e temperatura média do mês mais quente de 22,5 ºC, a precipitação anual média de 2069 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

No município de Chapecó encontram-se as unidades fitoecológicas da Floresta Ombrófila Mista e da Floresta Estacional Decidual. De acordo com Vibrans et al. (2013) a região fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista cobria originalmente uma área de aproximadamente 42.851,56 km2, equivalente a 45% da superfície do Estado, enquanto a Floresta Estacional Decidual 8%.

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária destaca-se como a maior região fitoecológica de Santa Catarina, é caracterizada pela presença de *Araucaria angustifolia*, *Dicksonia sellowiana* e *Ocotea* porosa (Gasper et al., 2013). A Floresta Estacional Decidual das bacias dos rios Chapecó e Irani, mais próximas ao município do Chapecó, merecem destaque as espécies *Ocotea puberula*, *Luehea divaricata*, *Nectandra megapotamica* e *Nectandra lanceolata* (Schorn et al., 2012). No município de Chapecó, ocorre a Floresta Ombrófila Mista Montana abaixo do patamar altimétrico de 1.000 m, na faixa dos 600 m de altitude ocorre a interdigitação de elementos da flora das duas unidades fitoecológicas e, por fim, abaixo desse patamar altimétrico ocorre a Floresta Estacional Decidual (Uhlmann et al., 2013; Gasper et al., 2012).

A coletados dos dados ocorreu em duas etapas, a primeira foi a identificação das pizzarias que utilizam lenha como material energético, por meio de aplicativos de busca como google maps e ligações telefônicas.

E a segunda etapa consistiu na aplicação de questionário semi-estruturado, sendo que o questionário foi realizado junto com o proprietário ou gerente do estabelecimento.

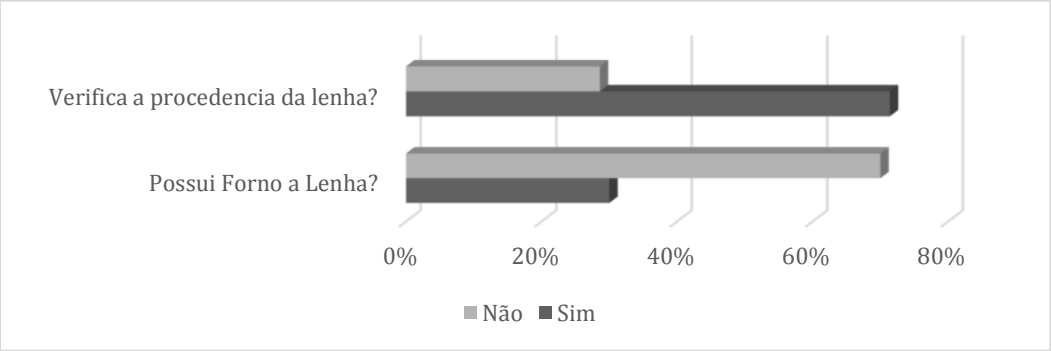
O questionário era composto de 6 (seis) questões, sendo elas 1ª possui forno a lenha? 2ª A lenha é indispensável? 3ª buscar verificar a procedência da lenha? 4ª qual o material substituto para a lenha? 5ª qual a quantidade utilizada mensalmente em metros cúbicos? 6ª qual a espécie da madeira? Todos entrevistados ficaram cientes que o nome do estabelecimento não será divulgado em nem um momento do estudo.

Os dados que foram obtidos foram analisados na forma quantitativa que segundo Richardson (1999), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Também teve a utilização de gráficos para representar os dados obtidos.

Resultados e Discussões

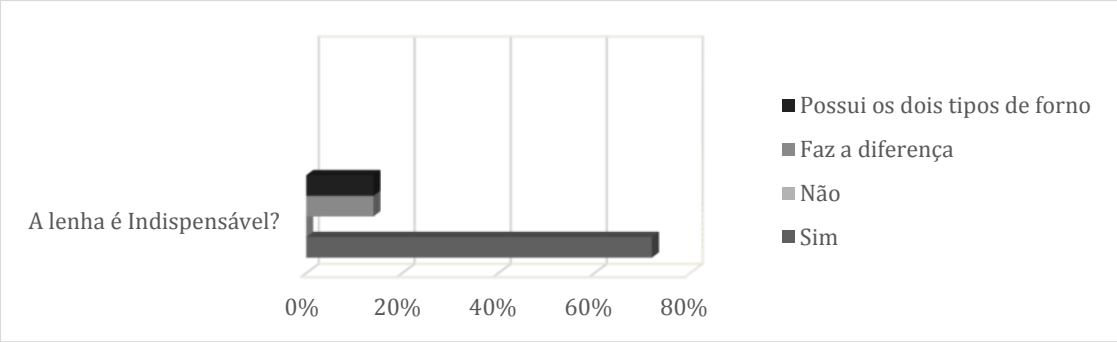
Ao todo foi identificado a existência de 20 estabelecimentos no município, sendo que 10 foram os estabelecimentos que se encaixaram nos critérios de analises, figura 1.

Figura 1: Estabelecimentos entrevistados, as procedências do material e a importância do produto.



Fonte: Arno, 2019

Figura 2: Relação da importância da lenha.

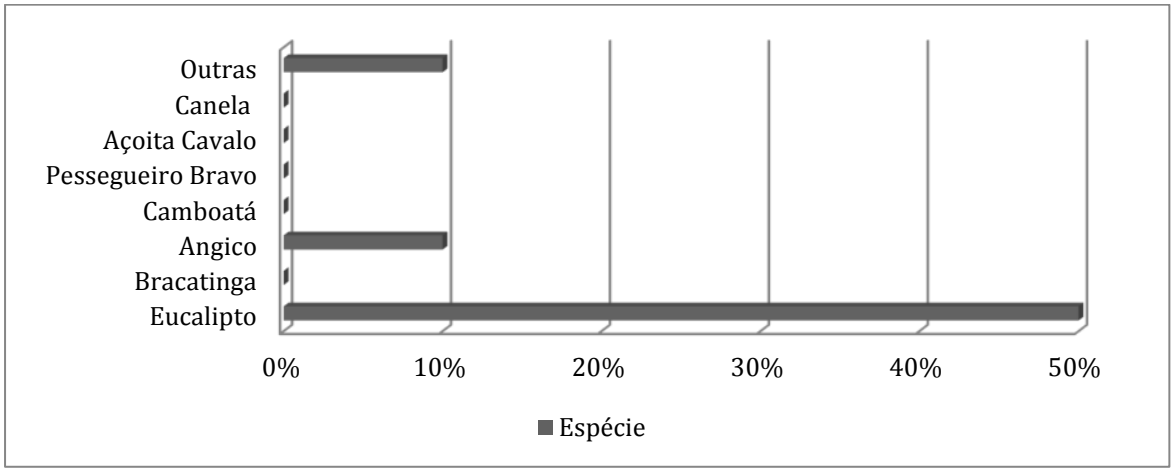


Fonte: Arno, 2019.

Dos estabelecimentos entrevistados 70% utiliza o material lenhoso como matéria para a geração de energia na forma de calor, e consideram que o material lenhoso acaba dando um sabor diferenciado para as pizzas. A partir da escolha do material lenhoso que é utilizado, 71% dos estabelecimentos buscam sempre saber a procedência do material no momento da compra, por meio de notas fiscais que comprovem a legalidade do material, e 29% afirmaram que não se importam com a procedência da lenha. Destes estabelecimentos 71% afirmaram que a lenha e indispensável, pois é um material barato e de fácil acesso. Para 28,6% dos estabelecimentos, a lenha pode ser substituída pelo o forno a gás.

Para os estabelecimentos, que utilizam o material lenhoso como fonte de energia de calor, foi perguntado qual o tipo de madeira que é utilizado, figura 2.

Figura 2: Espécies de madeira utilizadas pelos estabelecimentos.

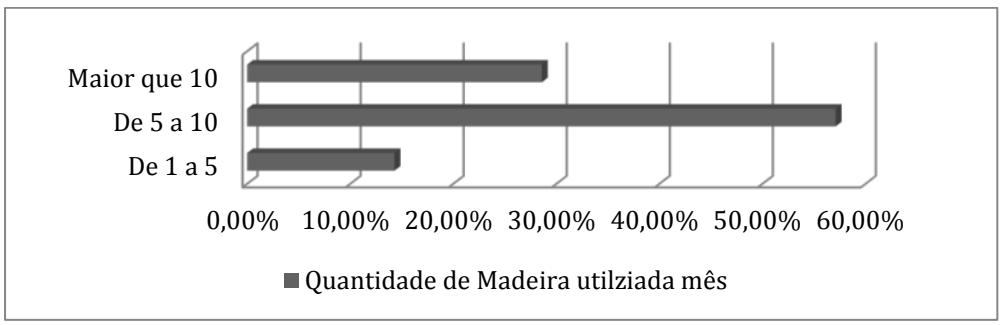


Fonte: Arno, 2019.

Na figura 2, estão descritas as espécies de madeira utilizadas nos estabelecimentos, é possível observar que cerca dos 80% dos entrevistados usam como material o Eucalipto, pois segundo os proprietários o metro cúbico de madeira é mais barato, facilitando assim a comercialização e a ainda a mesma não apresenta nenhum tipo de resina. Apenas 10% dos estabelecimentos utilizam o angico como matéria para os fornos, muitas vezes o angico chega de forma irregular nesses estabelecimentos, pois é oriundo de supressão vegetal sem as devidas autorizações do órgão fiscalizador. E outros 10%, não souberam especificar qual a espécie é a madeira utilizada. Todos os entrevistados sempre informaram que demostram preocupação com o tipo de madeira que utilizam para não acabar comprometendo a qualidade do alimento.

Nos estabelecimentos entrevistados foi analisado a quantidade em porcentagem de madeira que é utilizada mensalmente como material energético nos fornos à lenha das pizzarias conforme figura 3.

Figura 3: A quantidade de madeira utilizada em m3 por mês de cada estabelecimento.



Fonte: Arno, 2019.

É possível observar 28,6% dos estabelecimentos consomem acima de 10m^3 por mês. Sendo que 57,10% consomem entre de 5 a 10 m^3, sendo considerados comércios de médios porte, e apenas 14,3% utilizam de 1 a 5 m^3 por mês que são estabelecimentos menores. A quantidade de material lenhoso utilizado é de extrema importância para a procedência desse material de onde é oriundo, pois se ocorrer um aumento na demanda de material lenhoso pode ocorrer uma falta desse material. Pois segundo Mata e Souza (2000), o consumo de lenha reduz em função

do grau de urbanização. A diferença encontrada pode ser explicada, ao menos em parte, pelo fato que no meio urbano a lenha precisa ser adquirida através da compra, enquanto no meio rural a lenha está disponível na propriedade.

Conclusões

Foi possível concluir a partir dos estabelecimentos entrevistados que:

- Alguns fazem o uso do material lenhoso para abastecer os fornos para assar as pizzas, sendo que esses estabelecimentos acabam buscando sempre saber a origem desse material, estando disposto a pagar as vezes mais pelo material por se tratar de fonte segura e legal.
- Também os estabelecimentos estão sempre atentos para a espécie florestal utilizada, pois dependendo da espécie, pode ocorrer prejuízo à qualidade dos alimentos, em especial ao sabor.
- Para a maioria dos estabelecimentos o consumo do material lenhoso tende a se manter por muito tempo, ainda, pois a da biomassa florestal é mais barata.

Referencias

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARROSO, R. A. **Consumo De Lenha E Produção De Resíduos De Madeira No Setor Comercial E Industrial Do Distrito Federal.** 2008. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energias. **Balanço Energético Nacional.** Brasília, 291p, 2016.

GASPER, André Luiz et al. **Floresta Vascular da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina.** Blumenau: edifurb, 2013. 3 v. Cap. 4, p. 131-141.

LAWRENCE, D.; VANDECAR,. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Natue Climate Change**, v. 5,p. 27-36, 2015.

MATA, H. T. C.; SOUZA, A. L. **Estimativa do consumo residencial de lenha nun distrito do Estado de Minas Gerais, Brasil**. Revista Árvore, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 63 – 71, 2000.

OMACHI, I. H.; RODRIGUES, L. G.; STOLF, M.; CANNAVAL, R.; SOBREIRO, R. Produção de biomassa florestal para exportação: o caso da Amcel. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p. 29-36, 2004.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SANTOS, Sueellen Conceição de Jesus; GOMES, Laura Jane. Consumo e Procedência de Lenha pelos Estabelecimentos Comerciais de Aracaju - SE. **Revista da Fapese**, Sergipe, v. 5, n. 1, p.155-164, jun. 2009.

SCHORN, Lauri Amândio et al. **Estrutura do Componente Arbóreo/Arbustivo da Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina.** Blumenau: edifurb, 2012. 2 v. Cap. 6, p. 143-163.

OMACHI, I. H.; RODRIGUES, L. G.; STOLF, M.; CANNAVAL, R.; SOBREIRO, R. Produção de biomassa florestal para exportação: o caso da Amcel. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p. 29-36, 2004.

VIBRANS, Alexander Christian et al. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina:** Floresta Ombrófila Mista. Blumenau: Edifurb, 2013. 3 v. Cap. 5, p. 25-31.

UHLMANN, Alexandre et al. **Grupos Florísticos Estruturais da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina.** Blumenau: edifurb, 2013. 3 v. Cap. 5, p. 145-153.

Acacia mearnsii: UM ESTUDO DE CASO PARA FINS DE USO MÚLTIPLO

Raquel Silva Pereira [1], João Victor Rodrigues Barroso Coelho[2], Josiane Bruzinga[3], Marcio Romarco Leles de Oliveira[4]

[1]*Mestranda do programa de pós-graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, raquelpereiraaengflorestal@gmail.com*

[2]*Mestrando do programa de pós-graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri*

[3]*Pós-doutoranda do programa de pós-graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri*

[4]*Professor do departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri*

Resumo

A Acacia mearnsii, popularmente conhecida como acácia negra, se caracteriza por ser uma espécie bastante versátil para diversas aplicações. Desde a extração do tanino para cortume, até a biomassa para energia e celulose, na recuperação de áreas degradadas e também em sistemas agroflorestais. O uso da madeira da acácia negra para carbonização se mostra bastante interessante, produzindo um carvão de alta densidade e poder calorífico. A espécie também é bastante atrativa para abelhas devido sua floração e se torna uma ótima aliada para a produção consorciada de mel. Este estudo tem por objetivo, simular a viabilidade do cultivo da acácia negra com fins de produção de biomassa para energia na forma de carvão vegetal, comercialização do extrato pirolenhoso como subproduto da carbonização e a produção consorciada de mel. Foi utilizada a programação linear para otimizar o lucro do negócio mediante as restrições impostas. A solução encontrada por meio da programação linear resultou em um lucro de R$40.547.077,89 ao fim do ciclo de 9 anos de produção. Com isso, a Acacia mearnsii mostra ser uma espécie bastante viável para a produção de biomassa para energia, na forma de carvão vegetal assim como parte do sistema de produção de mel apícola.

Palavras-chave: Energia, Carvão vegetal, Otimização, Programação linear.

Introdução

A *Acacia mearnsii,* conhecida por Acácia negra, é uma espécie arbórea nativa do noroeste da Austrália, Papua Nova-Guiné e oeste da Indonésia (SMIDERLE et al., 2005). Facilmente adaptada a solos pobres, ácidos e degradados, torna-se uma alternativa para recuperação desses ambientes (BALIEIRO et al., 2004). Por possuir essa característica e pela

facilidade de adequação com as condições edafoclimáticas brasileiras (ANDRADE et al., 2000), essa cultura torna-se uma boa opção silvicultural para o país.

Considerada uma espécie multifuncional, a *Acacia mearnsii*, além de plantios realizados em consórcio com cultivos agrícolas e criação de animais, possui diferentes possibilidades de uso. A casca pode ser utilizada para extração de tanino, e a madeira para produção de cavacos direcionados para fabricação de celulose ou para produção de carvão (AZEREDO, 2011).

Por apresentar um ciclo curto, podendo ser colhida a partir do quinto ano, a Acácia negra pode suprir grandes demandas de madeira (MANTOEFEL, 1991). Segundo Joaquim (2009), um dos métodos mais remotos de agregar valor à madeira é sua carbonização, onde a madeira fornece, além do carvão vegetal, a produção de alguns gases, como: alcatrão, ácido pirolenhoso e gases não-condensáveis (SAMPAIO, 2004).

O ácido ou extrato pirolenhoso (EP) é um subproduto orgânico resultante da condensação da fumaça expelida no processo de carbonização da madeira (GUIRRA, 2003). Conforme Zanetti et al. (2004), o EP é constituído de 800 a 900 cm^3 dm^{-3} de água e contêm cerca de 200 componentes químicos. Possui elementos oriundos da decomposição de células formadoras de madeira pelo calor, como: celulose, hemicelulose, lignina, tanino e outras (MYASAKA et al., 2006). Destacam-se como usos do extrato pirolenhoso: aplicação ao solo para melhoria das suas qualidades físicas, químicas e biológicas; diluição para adição a defensivos químicos; aplicação como adubo/potencializador promovendo aumento no volume das raízes secundárias, entre outros (ENCARNAÇÃO, 2001).

Pode-se consorciar a plantação de Acácia negra com a produção de mel, que caracteriza-se como uma atividade muito importante, não só no cenário do agronegócio, mas também para o meio ambiente. O Brasil possui uma rica e variada vegetação e um clima diversificado, favorecendo a exploração da atividade apícola em todos os estados do país (BENDLIN, 2014).

A acacicultura, desde sua implantação, configura uma atividade com diversos benefícios e características interessantes, além de possuir grande importância no setor florestal. As estratégias de plantio e colheita se encaixam bem na rotina de uma pequena propriedade rural, e os indivíduos possuem grande relevância para o meio ambiente. O presente estudo tem como objetivo maximizar o lucro ao 9° ano em um cultivo de Acácia negra (*Acacia mearnsii*), atendendo às restrições exigidas para produção de carvão, extrato pirolenhoso e mel.

Material e Métodos

Este estudo de caso trata-se de uma simulação, onde utilizou-se dados com valores reais e ajustados para o ano de 2018. As informações consideradas foram retiradas da literatura e adaptadas para a situação proposta pelos autores.

A propriedade está localizada na cidade de Santa Maria - RS e ocupa 633 hectares de área total. A área destinada para a produção de Acácia negra é uma área degradada, coberta

por pastagem, equivalente a 350 hectares aproveitando-se do potencial de recuperação da espécie, gerando serviços ambientais. Dados da Agência de Desenvolvimento de Santa Maria demonstram que o clima predominante é do tipo Cfa na classificação Köppen, caracterizado como subtropical úmido, e sem estação seca. A climatologia do município de Santa Maria, referente ao período 1961-1990, apresenta temperatura média de 18,8°C, precipitação média de 1616,8 mm e umidade relativa de 76,5%. A região se localiza a 153 m de altitude e possui relevo levemente inclinado.

Os valores dos custos e receitas utilizados como referências para este trabalho, no que se refere à produção de carvão e extrato pirolenhoso, foram obtidos a partir de SILVA, 2015.

Devido ao intervalo de tempo entre a literatura de referência e o período atual, os valores foram corrigidos pela inflação registrada nos anos de 2016 e 2017 e com a previsão de inflação para o ano de 2018.

O referencial utilizado para obter valores de custos e receitas para a produção de mel foi o trabalho de BENDLIN et. al., 2014. O ajuste dos valores de custo para a apicultura seguiu o mesmo procedimento utilizado para o ajuste dos custos de implantação da acacicultura e da produção de carvão. Nesse caso, foi considerada também a inflação referente ao ano de 2015 para atualização dos valores.

O investimento inicial disponível para a implantação da acacicultura com uso múltiplo da floresta é de R$ 650.000,00. A demanda exigia, ao final de nove anos, o fornecimento de 6.000 litros de extrato pirolenhoso e 40.000 kg de carvão para duas empresas da região. A empresa A destina o carvão para a produção de aço inox e a empresa B utiliza o extrato pirolenhoso para produção de fertilizantes. Além disso, deveriam ser entregues 700 kg de mel para uma exportadora.

Os custos referentes à produção de madeira para carvão foram: 952,34 R$/ha para implantação, 435,29 R$/ha com manutenção, 383,42 R$/ha como custo de oportunidade, 5937,00 R$/ha com colheita, 60,58 R$/m³ para carbonização, com custo médio de 0,36 R$/kg de carvão vegetal.

Segundo Silva (2015), 5m³ de madeira (capacidade do forno tipo Brochier), geram 1.000 kg de carvão e 320 litros de extrato pirolenhoso. A produção de madeira da Acácia Negra, é de 250,7 m³ de madeira/ha e considerando-se a área como 350 ha, a produção máxima de m³ de madeira é 87.745. A receita do carvão é de R$0,79/kg (SILVA, 2015). Sendo assim, considerando o dado de custo médio (R$0,36/kg), o lucro do carvão foi calculado como R$0,43/kg. A produção do carvão pode assumir um valor máximo de 17.549.000 de kg de carvão.

O extrato pirolenhoso pode ser comercializado a R$ 6,00/litro, com baixíssimo impacto ambiental, pois os elementos poluentes da fumaça são condensados, evitando que sejam dispersos na atmosfera (SCHNITZER, 2009).

Foram alocadas 350 colmeias na área plantada com Acácia negra, seguindo a recomendação de uma colmeia por hectare. Considerando custos de equipamento, instalações, mão-de-obra e compra de insumos, calculou-se que o custo de implantação, por colmeia, é de

R$444,84, totalizando R$155.694,00. Ao longo do ciclo da cultura, o custo de manutenção e coleta anual por colmeia é de R$67,43, totalizando R$212.404,50. Logo, o custo final é de aproximadamente R$368.098,50.

Cada colmeia produz cerca de 22 kg de mel por ano, totalizando 69.300 kg durante o ciclo de produção. Considerando o preço de venda do mel como sendo de R$15,76 por kg (GUIMARÃES, 2018), a receita total do mel é de R$1.092.168,00 ao final do tempo proposto. Com isso então, o lucro total é de R$ 724.069,50 (R$ 2.068,77/colmeia e R$94,04/kg).

FORMULAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL:

Função objetivo:

- Maximizar o lucro da produção de carvão, mel e extrato pirolenhoso ao final dos 9 anos

Sujeito a restrições de:

- Produção mínima de mel para atender ao contrato estabelecido;
- Produção máxima de mel possível;
- Produção mínima de extrato pirolenhoso para atender ao contrato estabelecido;
- Produção máxima de extrato pirolenhoso;
- Produção mínima de carvão para atender ao contrato estabelecido;
- Produção máxima de carvão possível;
- Dinheiro total disponível para o investimento no projeto.

FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO:

Max Z = 0,43C + 6E + 94,04M

Onde:

C = Quantidade de carvão que será produzida em kg;

E = Quantidade de extrato pirolenhoso que será produzida em litros;

M = Quantidade de mel que será produzida em kg.

Sujeito a:

$M \geq 700$

$M \leq 69.300$

$E \geq 6.000$

E<= 5.615.680

$C \geq 40.000$

$C \leq 17.549.000$

$0{,}36C + 5{,}32M \leq 650.000$

A otimização do modelo matemático foi resolvida por meio de programação linear no software gratuito *LPSolve*, versão 5.5.2.3.

Resultados e Discussão

Por meio da análise realizada no software *LPSolve* obteve-se um lucro de aproximadamente R$40.547.077,89 ao final dos 9 anos, produzindo 781.455,76 kg de carvão, 5.615.680 litros de extrato pirolenhoso e 69.300 kg de mel.

Pôde-se perceber também que toda a implantação de Acácia negra ocorreu em 15 ha, dos 350 disponíveis, porém as colmeias foram alocadas uma por hectare em toda a área disponível. O dinheiro disponível para investimento neste negócio foi totalmente aplicado.

Conclusão

Com base no estudo de caso proposto, verificou-se que a rentabilidade da cultura de *Acacia mearnsii* é viável. Ressalta-se que outras análises devem ser realizadas para que se possa indicar esta cultura para fins de produção de carvão e de extrato pirolenhoso.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE SANTA MARIA. Ambiente Natural, Santa Maria em Dados, 2018. Disponível em: <http://santamariaemdados.com.br/1-aspectos-gerais/1-5-ambiente-natural/>. Acesso em 22 nov. 2018.

ANDRADE, A. B.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalniifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, n.4, p.777-785, 2000.

AZEREDO, C. H. D. D. Análise comparativa de projetos de investimento para processamento de uma floresta de Acácia-Negra. Trabalho de Conclusão de Curso em Administração. UFRGS, Porto Alegre - RS , 2011.

BALIEIRO, F. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BENDLIN, L.; SOUZA, A.; SEIDEL, G.; STOEBERL, A. Custos de produção, expectativas de retorno e de riscos do agronegócio mel no planalto norte de Santa Catarina. In: Anais do XXI Congresso Brasileiro de Custos, Natal - RN, 2014.

ENCARNAÇÃO, F. Redução do impacto ambiental na produção de carvão vegetal e obtenção do ácido pirolenhoso como alternativa para proteção de plantas. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 20- 23, 2001.

GUIMARAES, E. Mel brasileiro se destaca nos mercados europeu e norte-americano. O Estado de Minas, Belo Horizonte, 22 de jan. 2018. Caderno de Agropecuária. Disponível em:<https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2018/01/22/interna_agropecuario,932500/mel-brasileiro-se-destaca-nos-mercados-europeu-e-norte-americano.shtml>. Acesso em 22 nov. 2018.

GUIRRA. L. Agricultores conhecem benefícios do carvão e do extrato pirolenhoso. 2003. Disponível em: <www.guirra.com.br/guirranet/ pirolenhoso.htm> . Acesso em: nov/ 2018.

JOAQUIM, M. S. Carvão Vegetal: uma alternativa para os produtos rurais do sudoeste goiano. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. UNB, Brasília - DF, 2009.

MANTOEFEL, J. C. Reflorestamento no setor privado: Acacicultura. In: Seminário Situação Florestal do Rio Grande do Sul, Santa Maria, UFSM/CEPEF/FATEC, p.108-114, 1991.

MIYASAKA, S.; YAZAKI, H.; OHKAWARA, T.; NAGAI, K.; KUBOTA, Y. Derivados de carvão vegetal, extrato pirolenhoso e fino de carvão na agricultura natural. São Paulo, Apostila APAN (Associação dos Produtores de Agricultura Natural), 2006.

SAMPAIO, R. S. Agente redutor na produção de metais - exemplo do Eucalipto na produção de ferro gusa. RENABIO - Biomassa & Energia, v.1 , n.2, p.145-155, 2004.

SCHNITZER, J. A. Extrato pirolenhoso no cultivo de orquídeas. Dissertação de Mestrado em Agronomia. UEL, Londrina - PR. 2009.

SILVA, F. C. L. da; FARIAS, J. A. de. Análise econômica da produção de Acacia mearnsii De Wild e carvão vegetal no Vale do Caí e Taquari, Rio Grande do Sul. Ciência Rural, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 927-932, 2015.

SMIDERLE, O. J.; JUNIOR., M. M.; SOUSA, R. C. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de acácia. Revista brasileira de sementes, v. 27, n.1, p. 75-78, 2005.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O.; MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO, S. A. Influência do extrato pirolenhoso na calda de pulverização sobre o teor foliar de nutrientes em Limoeiro ‘Cravo’. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 529- 533, 2004.

ANÁLISE DO ESTOQUE DE BIOMASSA AÉREA DE *Pterogyne nitens* NO SUDOESTE DA BAHIA

Thaís Chaves Almeida[1], Fabiano Rodrigues Pereira[2], Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia[3], Diacuí Benazir Soares de Sá Santos[2]

[1]*Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, thaiialmeida2@gmail.com*

[2]*Graduandos em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*

[3]*Departamento de Engenharia Agrícola e Solos , Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*

Resumo

Pterogyne nitens é uma das espécies nativas que apresenta potencial madeireiro, pois apresenta rápido crescimento e gera madeira de valor econômico. No entanto, ainda é necessário realizar estudos para compreender a sua capacidade de estocar biomassa, especialmente em condição de plantio homogêneo e estabelecer um manejo adequado para maximizar o fornecimento de produtos florestais. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar os estoques de biomassa aérea total e por compartimento de árvores de Pterogyne nitens. Os dados foram obtidos em um plantio puro de Pterogyne nitens, localizado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista (BA). A biomassa foi mensurada pelo método destrutivo, selecionando 20 árvores representativas de três classes diamétricas. Nos indivíduos selecionados foram realizadas medições de diâmetro à altura de 1,30 m (DAP) e altura total (H). Quando os indivíduos apresentavam múltiplos fustes, calculou-se o diâmetro equivalente (DEq) a partir dos DAP's. Após o abatimento das árvores selecionadas, aplicou-se o método de simples separação, efetuando-se a pesagem das árvores em campo, para se obter o peso verde por compartimento (folhas, galhos e fuste com casca) de cada indivíduo, utilizando uma balança mecânica. Em seguida, amostras de cada compartimento foram separadas, conduzidas ao laboratório, pesadas e levadas para secagem em estufa a 65°C até que seu peso de matéria seca estabilizou-se. Após a secagem, as amostras foram pesadas, para obtenção do peso seco e a biomassa seca dos compartimentos foi estimada por um fator de conversão. A partir dos dados, foi calculada a biomassa individual média por classe diamétrica, os valores máximos e mínimos, as médias, medidas de dispersão da biomassa por compartimento e total e o fator de expansão de biomassa. As folhas apresentaram menor quantidade de biomassa, o menor desvio padrão e o maior coeficiente de variação. Já o fuste foi responsável pela maior parte da biomassa total e obteve o menor coeficiente de variação. Nos compartimentos folhas, galhos e fuste foi observado incremento da biomassa conforme o aumento do diâmetro, como também foi visto em outro estudo. O fuste apresentou os maiores estoques nas classes I e II, enquanto os galhos apresentaram maior média na classe III. O DEq e a altura apresentaram baixas correlações com o FEB.

Palavras-chave. Espécie nativa. Fitomassa. Produtividade florestal. Diâmetro equivalente.

Introdução

Biomassa florestal é o termo designado para expressar, em unidade de massa, a quantidade de material vegetal disponível em uma floresta. Assim, a quantificação do estoque de biomassa permite o entendimento do crescimento e alocação de carbono e nutrientes em diferentes compartimentos das árvores (MELLO & GONÇALVES, 2008) e pode nortear decisões de manejo, já que reflete a produtividade dos povoamentos florestais.

Diversos fatores podem interferir nas taxas de crescimento e alocação de biomassa nos componentes das árvores (BERNADO, 1998; CARON et al., 2015), estando entre os principais a composição de espécies, o potencial genético e a idade do povoamento florestal. Segundo Schumacher & Caldeira (2001), à medida que um povoamento se desenvolve a biomassa relativa dos troncos aumenta enquanto as das folhas e ramos diminuem.

A quantificação da biomassa é realizada através de métodos diretos e indiretos (SANQUETTA, 2002). O método direto envolve o corte das árvores, e seus componentes são separados e pesados para determinação do peso da biomassa fresca e da biomassa seca. Por outro lado, no método indireto as estimativas de biomassa são efetuadas com base em informações de inventários florestais, empregando-se equações alométricas ou imagens de satélite para realização das estimativas.

Pterogyne nitens é uma das espécies nativas do Brasil que apresenta potencial madeireiro, pois apresenta rápido crescimento e gera madeira de valor econômico (LORENZI,1992). A espécie pertence à família Fabaceae, e no Sudoeste da Bahia tem se destacado pela fácil adaptação às condições ambientais locais (FIGUEIREDO, 2018). No entanto, ainda é necessário realizar estudos para compreender a sua capacidade de produzir biomassa, especialmente em condição de plantio homogêneo, e auxiliar no desenvolvimento de técnicas de manejo que visem maximizar o fornecimento de produtos florestais.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar os estoques de biomassa aérea total e por compartimento (folhas, galhos e fuste com casca) de árvores de *Pterogyne nitens* em um plantio homogêneo no Sudoeste da Bahia.

Material e Métodos

Os dados foram coletados em um povoamento homogêneo de *Pterogyne nitens*, com aproximadamente seis anos de idade, espaçamento de 3 m x 3 m, área de 0,72 hectare, localizado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista (BA).

Realizou-se um inventário 100% do povoamento, para obtenção das medidas de altura total e diâmetro à altura de 1,3 m (DAP).

A biomassa foi mensurada pelo método destrutivo, selecionando, ao acaso, 20 árvores representativas de três classes diamétricas (tabela 1). Em virtude do perfilhamento da espécie, mensurou-se o DAP de todos os fustes e a altura total (H) das árvores. Quando os indivíduos apresentavam múltiplos fustes, calculou-se o diâmetro equivalente (DEq), a partir dos DAP's,

para obtenção de uma medida que representasse o diâmetro a 1,30 m de cada árvore. O DEq é dado pela expressão:

$$DEq_j = \sqrt{DAP_1^2 + DAP_2^2 + \cdots + DAP_n^2}$$

Tabela 1. Distribuição diamétrica das árvores em povoamento homogêneo de *Pterogyne nitens*

Classe diamétrica (cm)	Centro de classe (cm)	fi	Árvores selecionadas
1,00-8,01	4,51	362	4
8,02-15,03	11,53	112	13
15,04-22,05	18,55	6	3

fi = frequência de indivíduos arbóreos no povoamento.

Após o abatimento das árvores selecionadas, aplicou-se o método de simples separação, recomendado por Sanquetta et al. (2004), efetuando-se a pesagem das árvores em campo, para se obter o peso verde por compartimento (folhas, galhos e fuste com casca) de cada indivíduo, utilizando uma balança mecânica com capacidade de 150 kg. Em seguida, amostras de cada compartimento foram separadas, conduzidas ao laboratório, pesadas e levadas para secagem em estufa a 65°C até que seu peso de matéria seca estabiliza-se. Depois da secagem, as amostras foram pesadas, para obtenção do peso seco.

A biomassa seca dos componentes das árvores (folhas, galhos e fustes) foi estimada multiplicando-se a biomassa úmida pelo fator de conversão (f) obtido pela relação:

$$f = \frac{peso\ seco}{peso\ úmido}$$

Dessa forma, foi feito o somatório da biomassa seca de todos os compartimentos mensurados para obtenção da biomassa total seca.

De posse dos dados, foi calculada a biomassa individual média por classe diamétrica e, também, os valores máximos e mínimos, as médias e medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) da biomassa por compartimento e total. Para o cálculo do fator de expansão de biomassa (FEB) foi utilizada a equação:

$$FEB = \frac{m_{copa} + m_{fuste}}{m_{fuste}} = \frac{m_{aérea}}{m_{fuste}}$$

Também foram realizadas análises de correlação de Pearson (α=5%) entre DEq e altura e destes em relação ao FEB.

Resultados e discussão

Observou-se uma biomassa total média de 30,6 kg ha^{-1} (tabela 2). Com base nos valores máximos e mínimos, foi possível notar maior amplitude de variação para o componente galhos (48,1 kg ha^{-1}), seguido do fuste (23,2 kg ha^{-1}). As folhas foram o componente com menor quantidade de biomassa (11%), menor desvio padrão (2,9) e maior coeficiente de variação (86,7%). Já o fuste foi responsável pela maior parte da biomassa total (46%) e obteve o menor coeficiente de variação (48,5%).

Tabela 2. Biomassa média (total e dos compartimentos) por indivíduo em plantio homogêneo de *Pterogyne nitens*

Compartimento	Biomassa (kg arv^{-1})					Biomassa
	Média	S	CV	Máximo	Mínimo	%
Folhas	3,33	2,89	86,69%	12,72	0,27	11%
Galhos	13,28	11,14	83,87%	48,65	0,59	43%
Fuste	13,99	6,78	48,45%	25,84	2,63	46%
Total	30,60	18,67	61,01%	81,90	3,49	100%

S = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; Biomassa% = participação dos compartimentos na biomassa total.

Ao analisar a média de biomassa total por classe diamétrica, os valores variaram entre 9,46 kg arv^{-1} (classe I) e 55,81 kg arv^{-1} (classe III), como mostrado na tabela 3. Nos compartimentos folhas, galhos e fuste, foi observado incremento da biomassa com o aumento do diâmetro, conforme constatado por Rasera (2019).

Tabela 3. Biomassa individual média por classe diamétrica

Classe Diamétrica	Biomassa (kg arv^{-1})			
	Folhas	Galhos	Fuste	Total
I	0,98	3,49	5,00	9,46
II	3,23	13,42	14,65	31,29
III	6,94	25,74	23,13	55,81

A média do fator de expansão de biomassa foi igual a 2,11 e se aproxima do valor reportado por Silveira (2008) para licurana (2,14). No entanto, observou-se baixas correlações do FEB com o DEq e a altura (tabela 4), o que demonstra baixo potencial de predição do FEB a partir de variáveis de fácil mensuração.

Tabela 4. Matriz de correlação entre as variáveis FEB, DEq e H

Variáveis	FEB	DEq (cm)
Altura (m)	0,44	0,68
Deq (cm)	0,47	1

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a maior parte da biomassa de *Pterogyne nitens* encontra-se no fuste, que há um incremento da biomassa com o aumento do diâmetro.

Referências Bibliográficas

BERNARDO, A. L. et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Florida, v. 104, n. 1-3, p. 1-13, 1998.

CARON, B. O. et al. Quantificação da Biomassa florestal em plantios de curta rotação com diferentes espaçamentos. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 106, 2015.

FIGUEIREDO, M. E. O. et al. Potencial da madeira de *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova) para produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 420-431, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum; 1992. 368 p.

MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, 2008.

RASERA, S. **Biomassa e carbono no estrato arbóreo em área restaurada de Mata Atlântica.** 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANQUETTA, C. R. et al. **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. 264p.

SANQUETTA, C. R. et al. Proposta metodológica para quantificação e monitoramento do carbono estocado em florestas plantadas. **In**: SANQUETTA, C. R.; ZILLIOTTO, M. A. (Org.). Mercado de carbono: mercado e ciência. Curitiba: UFPR, v. 1, p.120-150. 2004.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.

SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

APLICAÇÃO DO LIDAR PARA ESTIMAR MUDANÇAS NA BIOMASSA FLORESTAL EM ÁREAS DE EXPLORAÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA

Leilson Ferreira Gomes[1], Ricardo Seixas Brites[1], Hudson Franklin Pessoa Veras[2], Charton Jahn Locks[3], Rosiane Rezende dos Anjos[4]

[1]*Universidade de Brasília, Programa de Pós Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinamica - Instituto de Geociências, Brasília, Brasil.*
[2]*Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Paraná, Brasil. e-mail: leilsonferreiragomes@gmail.com;*
[3]*Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, Brasil.*

[4]*Faculdade Educacional da Lapa - Pós Graduação em Direito Ambiental e Sustentabilidade, Belo Horizonte - MG, Brasil.*

Resumo

As estimativas de estoques de biomassa e carbono associadas com a Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD) requerem confiabilidade e acurácia das informações. Como a obtenção das variáveis em campo consome tempo e recursos e, em alguns casos, torna-se inviável pelas dificuldades de acesso, o estudo de métodos alternativos têm possibilitado extrair informações de áreas florestais de forma confiável. Os sistemas a laser aerotransportado LiDAR (Light Detection and Ranging), permitem a obtenção de informações tridimensionais acerca da superfície terrestre com alta precisão. O objetivo deste estudo foi testar o uso de dados LiDAR para estimar as alterações na biomassa (AGB), associadas à exploração florestal na Amazônia Sul-Ocidental Brasileira. Os sobrevoos ocorreram antes e após a exploração, juntos com coletas de dados em campo em dez parcelas permanentes. Um modelo de regressão para estimar as alterações na AGB foi desenvolvido a partir dos dados LiDAR e dados de campo. A redução média da AGB do dossel florestal foi de 21,36 $Mg.ha^{-1}$ (8,9%). Já a redução na cobertura do dossel, foi estimada em 0,08 ha (8,2%). O modelo foi considerado satisfatório, visto que apresentou bons resultados estatísticos como R_{aj}^2 de 0,74, RMSE de 21,10 $Mg.ha^{-1}$ e teste de significância F de 27,21. Este trabalho demonstra o potencial do LiDAR para quantificação de alterações no estoque de AGB em florestas tropicais exploradas, indicando que o método pode ser uma ferramenta valiosa para sistemas de monitoramento de AGB e carbono relacionados a REDD. Devido às complexidades logísticas e aos altos custos, é admissível que as remedições sejam obtidas com dados LiDAR.

Palavras-chave. Carbono. Cobertura do dossel. Monitoramento de florestas tropicais.

1 Introdução

Informações de alta qualidade que descrevem a estrutura da floresta são necessárias para melhorar as estimativas de estoques de biomassa e carbono associadas com a Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD) nas florestas nativas na Amazônia (SHENG et al., 2018). Contudo, a amostragem de campo de áreas florestais exploradas é cara e de difícil acesso (D'OLIVEIRA et al., 2012) e, por isso, tem-se poucos

dados sobre as perdas de biomassa causadas pela exploração madeireira e, como tal, uma grande incerteza quanto à potencial mitigação de carbono para REDD por meio do manejo da exploração seletiva de madeira tropical.

As alterações no fluxo de carbono, causadas pela extração seletiva de madeira, dependem dos estoques originais de carbono na biomassa florestal, da intensidade da exploração madeireira, da qualidade do manejo madeireiro e da taxa de regeneração após a exploração de madeireira. Tendo em vista as dificuldades para a obtenção destas variáveis, o estudo de métodos alternativos de sensoriamento remoto têm possibilitado extrair informações de áreas florestais de forma confiável (D'OLIVEIRA et al., 2014), como o sistema a laser aerotransportado LiDAR (*Light Detection and Ranging*). Esse sistema permite a obtenção de informações tridimensionais acerca da superfície terrestre com alta precisão (LOCKS, 2017). O LiDAR é uma tecnologia de Sensoriamento Remoto ativo que utiliza o princípio de medição de tempo de retorno do pulso para medir o alcance ou a distância de um objeto (WHITE et al., 2013).

Levantamentos com LiDAR aerotransportados têm sido utilizados para estimativa de biomassa florestal acima do solo (AGB) (GIANNICO et al., 2016), como a pesquisa de Mograbi (2016), onde utilizou dados temporais LiDAR para avaliar os estoques de biomassa lenhosa e as mudanças na estrutura vertical, no espaço-tempo para descrever o status e o impacto da extração de madeira em uma savana sul-africana.

O objetivo do estudo foi verificar como os dados LiDAR adquiridos, antes e após a exploração madeireira, podem ser usados para quantificar mudanças na cobertura do dossel e AGB, em áreas afetadas pelo manejo florestal e demonstrar como uma abordagem baseada no modelo de regressão com dados LiDAR pode ser usado para estimar as mudanças na AGB, associada à exploração madeireira, em áreas de manejo florestal na Amazônia.

2 Material e Métodos

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Jamari (Flona do Jamari), localizada no estado de Rondônia, (S 09° 00' 00" a 09° 30' 00" e W 62° 44' 05" a 63° 16' 54") (Figura 1). A Flona foi mecanicamente explorada, com uso de trator florestal, tratamentos silviculturais e técnicas de manejo florestal de impacto reduzido (microzoneamento, planejamento da exploração, seleção de espécies e corte direcionado das árvores).

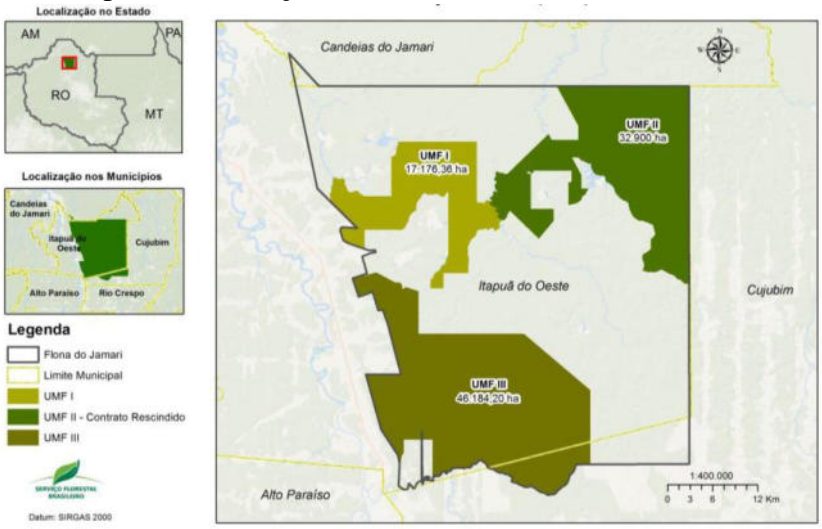
Os dados de campo foram extraídos do conjunto de parcelas permanentes, instaladas e medidas, pelos concessionários do SFB (Serviço Florestal Brasileiro). Foram selecionadas apenas as parcelas permanentes que possuíam sobreposição com a cobertura de dados LiDAR disponível, para cada medição. No total foram consideradas 10 parcelas permanentes localizadas na Unidade de Manejo Florestal (UMF) I e III, da Floresta Nacional do Jamari, sendo que todas as parcelas foram medidas aproximadamente um ano antes e um ano após a exploração florestal. Adotou-se a metodologia da REDEFLOR (Rede de Monitoramento da Dinâmica de Florestas na Amazônia) (IBAMA, 2006), tanto para instalação como medição nas parcelas Os vértices destas parcelas foram obtidos com o uso de equipamento GNSS de navegação. A biomassa acima do solo AGB (Mg) foi estimada para cada parcela usando uma equação desenvolvida para uma floresta no sul da Amazônia (NOGUEIRA et al., 2008) (Equação 1).

$$AGB = \exp(-1{,}716 + 2{,}413.\ln(DAP))/1000 \quad (1)$$

AGB é a biomassa fresca acima do solo (inclui casca, tronco, ramos, folhagens e matéria orgânica) (Mg.ha^{-1}); DAP = diâmetro a 1,30 m acima do solo .

Os conjuntos de dados LiDAR, utilizados neste estudo, foram coletados aproximadamente nos mesmos períodos das coletas de campo (antes e após a exploração). Os dados foram disponibilizados pelo SFB na forma de nuvem de pontos, com extensão *.las e acompanhados do Modelo Digital do Terreno (MDT), com um metro de resolução espacial. A projeção e sistema de referência adotados foi UTM, fuso 20 S e Datum SIRGAS 2000. O processamento das nuvens de pontos e dos modelos de terreno foi executado no pacote FUSION (MCGAUGHEY, 2014) por meio da execução de linhas de comando no ambiente Disk Operating System (MS-DOS) e os modelos digitais produzidos foram manipulados no programa ArcGIS (ESRI, 2012).

Figura 1 Mapa de localização da Floresta Nacional do Jamari, Rondônia.



Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (SFB), 2018.

A partir do Modelo de Altura do Dossel (MAD), utilizando as métricas *Canopyheightmodel* (CHM) foi possível identificar e quantificar as áreas de clareiras, que de acordo com a Hunter et al. (2015), são áreas contíguas com altura inferior a 10 metros e área superior a 10 m^2. Esta mesma métrica foi utilizada em análise similar realizada por Andersen et al. (2014) e d'Oliveira, et al. (2014), na Floresta Estadual do Antimary no Estado do Acre. Após aplicar os critérios da definição de clareiras, foi estimada a área de clareiras por hectare, antes e após a exploração, para cada uma das parcelas, desta forma, o resultado foi a cobertura remanescente do dossel com altura superior a 10 metros. As alterações no dossel foram calculadas e mapeadas, subtraindo as áreas naturais das áreas exploradas. Maiores detalhes do processamento podem ser consultados em d'Oliveira et al. (2014).

A partir das estimativas da AGB e cobertura do dossel, antes e após a exploração, foi construída uma planilha eletrônica associando as alterações na AGB com a cobertura do dossel utilizando o programa MS EXCEL. As variáveis preditoras foram avaliadas quanto ao pressuposto de correlação, normalidade, pelos testes de Pearson, Lilliefors, e pela análise gráfica dos resíduos. Em seguida, os modelos foram avaliados pelo desempenho dos parâmetros estatísticos da regressão (R^2, Raj^2 e RMSE) e significância dos coeficientes do

modelo usando o teste F para evitar a seleção de modelos com indícios de multicolinearidade (VALENTE et al., 2011). O processamento e análise estatística dos dados foram realizados no R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012) e GENES (CRUZ, 2013).

3 Resultados e discussão

No Manejo Florestal Sustentável Madeireiro, as árvores selecionadas para colheita, são predominantemente do dossel da floresta, ou seja, árvores maiores (ANDERSEN et al., 2014). Os resultados desta pesquisa indicam que a estrutura de dossel mudou entre as coletas (antes e após a exploração), assim como visto por d'Oliveira et al. (2012), resultando numa redução tanto da biomassa como na cobertura do dossel, indicando uma forte correlação entre a área de clareiras decorrentes da exploração e a perda da biomassa florestal (Tabela 1).

Tabela 1 Estimativas e variações na AGB ($Mg.ha^{-1}$), estimativas da área (ha) e alterações na cobertura do dossel.

Área	Antes da Exploração		Após a Exploração		Alteração	
	Cobertura	AGB	Cobertura	AGB	Cobertura	AGB
1	0,9976	298,5714	0,832	283,1557	-0,1656	-15,4157
2	0,8588	424,3098	0,842	396,8217	-0,0168	-27,4880
3	0,986	219,2889	1,0024	227,4452	0,0164	8,1563
4	0,9576	144,8585	0,854	127,6677	-0,1036	-17,1907
5	0,9528	146,7551	0,9196	121,8948	-0,0332	-24,8603
6	1,026	264,7862	0,9552	246,2919	-0,0708	-18,4943
7	0,9604	182,1867	0,8848	201,5839	-0,0756	19,3972
8	0,9592	166,5839	0,9484	167,5929	-0,0108	1,0090
9	0,9972	201,4134	0,9926	208,9021	-0,0046	7,4887
10	1,008	341,9235	0,649	195,7657	-0,359	-146,1578
Média±Erro Padrão	0,97± 0,02	239,07±29,2	0,89± 0,03	217,71±25,36	-0,08±0,04	-21,36±14,74

A redução média de AGB foi de 21,36 $Mg.ha^{-1}$ (8,9% do AGB médio, antes da exploração) durante o tempo entre as aquisições dos dados. Andersen et al. (2013), em uma pesquisa similar com dados LiDAR, estimou uma redução total de 19,0 $Mg.ha^{-1}$ (8% do AGB médio) devido à extração seletiva de árvores na Floresta Estadual do Antimary, Acre. Além de uma redução na AGB associada à exploração, é esperado um aumento na AGB para árvores remanescentes, devido ao crescimento ocorrido entre as aquisições. Esse aumento pode ser notado nas áreas 3, 7, 8 e 9, onde os ganhos foram maiores que os danos de AGB.

Já a redução na cobertura do dossel, foi estimada em 0,08 ha (8,23% da cobertura média, antes da exploração). Os danos na cobertura do dossel, devido à exploração, por si só, são consideravelmente maiores do que as mudanças estimadas pelo LiDAR, porque as mudanças baseada em LiDAR é o agregado de todas as alterações na copa (crescimento, regeneração nas clareiras, mortalidade, mudanças sazonais e reduções devido a exploração seletiva de madeira). Neste sentido, esta pesquisa deixa claro que as estimativas são para as alterações na cobertura do dossel e AGB, não sendo possível discriminar com precisão o que são danos da exploração, o que são danos naturais e o que é regeneração.

Portanto, uma abordagem baseada em dados LiDAR foi usada para estima as mudanças da AGB. Embora isso forneça uma indicação das alterações da AGB, os pressupostos subjacentes às abordagens baseadas em modelos de regressão são diferentes e os resultados não tem a mesma exatidão das coletas em campo. No entanto, devido às

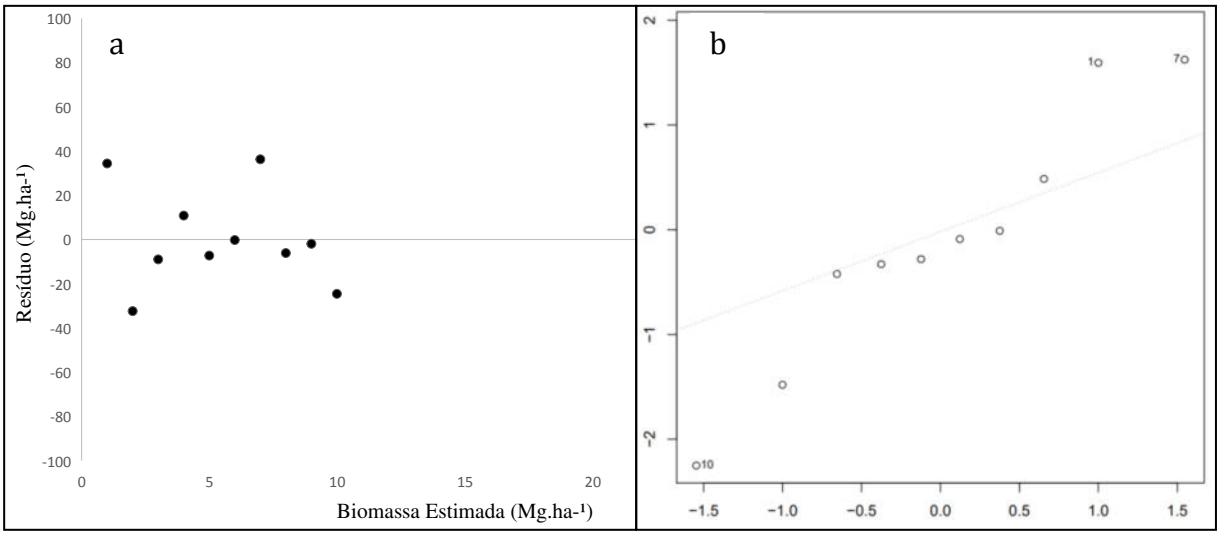
complexidades logísticas e aos altos custos das coletas de campo em áreas remotas, é provável que essa situação - em que as remedições são obtidas com dados LiDAR, e não com coletas em campo - sejam uma realidade no futuro. Neste caso, o modelo ajustado fornecerá um meio para quantificar essas mudanças, ainda que sejam sob as suposições de uma estrutura baseada em um modelo regressão.

O teste de Correlação de Pearson teve como medida de associação linear entre as duas varáveis aleatórias o valor de r = 0,88 (p-valor > 0,05), ou seja, quanto maior a alteração na cobertura do dossel, maior a alteração na biomassa. Foi atendido à pressuposição de normalidade dos dados pelo teste de Lilliefors. Após verificado os pressupostos para ajuste do modelo, uma equação linear foi gerada a partir da AGB coletada em campo (variável dependente "Y") e a cobertura do dossel estimado com dados LiDAR (variável independente "X") (Equação 2) .

$$Y = 11{,}111 + 368{,}09507714X \qquad (2)$$

O modelo pode ser considerado satisfatório, visto que apresentou bons resultados estatísticos como R^2 de 0,77, R_{aj}^2 de 0,74, RMSE de 21,10 $Mg.ha^{-1}$ e teste de significância F de 27,21. Considerando-se que o coeficiente da variável independente do modelo é significativo (p-valor ≤ 0,001), a hipótese de multicolinearidade é rejeitada. D'Oliveira *et al.* (2012), utilizando dados LiDAR, obteve modelo para predição da AGB da Floresta Estadual do Antimary no Acre, com R^2 de 0,72 e RMSE 40,20 Mg ha^{-1}. Andersen et al. (2014), também utilizando dados LiDAR na Floresta Estadual do Antimary, Acre, obteve modelo para predição da AGB com R^2 de 0,70 e RMSE 41,50 Mg ha^{-1}. Baseado na análise do gráfico dos resíduos (Figura 2. a) não é possível identificar tendência de super ou subestimativa ao longo da amplitude da mudança de biomassa, corroborando o pressuposto de que os erros são aleatórios, de média zero e variância equivalente. A distribuição de probabilidade normal (Figura 2. b), corrobora o teste Lilliefors, onde não se rejeita a hipótese de normalidade, pois os valores dos resíduos se aproximam de uma linha reta quando plotados em uma escala de probabilidade normal (BOX et al., 2005).

Figura 2. a. Distribuição gráfica dos resíduos do modelo de alteração da AGB; b. Distribuição da probabilidade normal para os dados de alteração de AGB.



4 Conclusões

Este trabalho demonstra o potencial do LiDAR para quantificação de alterações no estoque de AGB em florestas tropicais exploradas, indicando que o método pode ser uma ferramenta valiosa para sistemas de monitoramento de AGB e carbono relacionados a REDD, pois seriam mais difíceis de detectar usando outros tipos de análises (medições de campo, imagens de satélite, etc.), devido às complexidades logísticas e aos altos custos, admitindo-se que as remedições sejam obtidas com dados LiDAR e não com coletas em campo. Em estudos futuros, recomendamos que os sobrevoos LiDAR e as medições de campo permaneçam constantes. Isso fornecerá um maior nível de confiança nas previsões da AGB.

Referências Bibliográficas

ANDERSEN, H.; REUTEBUCH, S. E.; MCGAUGHEY, R. J.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; KELLER, M. (2014) Monitoring selective logging in western Amazonia with repeat LIDAR flights. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v. 151, p. 157-165.

BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W.G. (2005) *Statistics for experimenters: design, discovery, and innovation***.** 2 nd Edition. Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc. 655 p.

CRUZ, C. D. (2013) GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum.* v. 35, n. 3, p. 271-276.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; REUTEBUCH, S. E.; MCGAUGHEY, R. J.; ANDERSEN, H. E. (2012) Estimating forest biomass and identifying low-intensity logging areas using airborne scanning LiDAR in Antimary State Forest, Acre State, Western Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment,* New York, v. 124, p. 479-491.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; FIGUEIREDO, E. O.; PAPA, D. A. (2014) *Uso do LiDAR como ferramenta para o manejo de precisão em florestas tropicais*. Brasília, DF: Embrapa.

ESRI. (2012) ArcGIS Desktop: Release 10.1. *Redlands*, CA: ESRI.

HUNTER, M. O.; KELLER, M.; MORTON, D. C.; COOK, B.; LEFSKY, M.; DUCEY, M.; SALESKA, S.; OLIVEIRA JR., R. C.; SCHIETTI, J. (2015) *Structural Dynamics of Tropical Moist Forest Gaps.* PLOS One, v. 10, 19p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). (2006) *Diretrizes Simplificadas para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Ovelha errante Florestas Naturais da Amazônia Brasileira*. Organização Grupo Inter-Institucional de Monitoramento da Dinâmica de Crescimento de Florestas na Amazônia Brasileira. 2006.

LOCKS, C. J. (2017) *Aplicações da tecnologia LiDAR no monitoramento da exploração madeireira em áreas de concessão florestal.* 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Departamento de Engenharia Florestal - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MCGAUGHEY, R. J. (2014) *Fusion/LDV: Software for LiDAR data analysis and visualization.* United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Sation, University of Washingtin, Seatlhe, 179p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2012) *R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.*

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. (2018) *Concessões Florestais.* Disponível em: http://www.florestal.gov.br/florestas-sob-concessao?id=101. Acesso em 17 jun. 2018.

SHENG J.; ZHOU W. E DE SHERBININ A. (2018) Incerteza nas estimativas, incentivos e reduções de emissões em projetos de REDD +. *Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública,* Volume 15.

VALENTE, M. D. R.; QUEIROZ, V. T.; PINHEIRO, J. G.; MONTEIRO, L. A. S. (2011) Modelo de predição para o volume total de Quaruba (Vochysia inundata Ducke) via análise de fatores e regressão. *Revista Árvore*, v.35, n.2, p. 307-317.

WHITE, J. C.; WULDER, M. A.; VARHOLA, A.; VASTARANTA, M.; COOK, B. D.; PITT, D, WOODS, M. (2013) A best practices guide for generating forest inventory. *Pacific Forestry Centre*, Victoria, BC. 50 p.

APROVEITAMENTO DE PRODUTOS LIGNOCELULÓSICOS PARA A PRODUÇÃO DE BRIQUETES

Yasmin Gomes Sena[1], Renata Carvalho da Silva[2*], Felipe de Araujo Cardoso Lima[1], Camila Freire Dias[3], Raquel Marchesan[4]

[1]*Engenheiro (a) Florestal pela Universidade Federal do Tocantins*

[2]*Aluna do programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ambientais , renatacsilva@uft.edu.br*.*

[3]*Aluno(a) de graduação do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Tocantins.*

[4]*Professora Orientadora, Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Tocantins.*

Resumo

*O objetivo deste trabalho foi a produção e caracterização de briquetes de resíduos gerados nas indústrias madeireiras e agrícolas da região sul do Tocantins. Foram realizados quatro tratamentos utilizando a combinação entre bagaço de cana e pinus, casca de arroz e pinus, bagaço de cana e casca de arroz e a combinação entre os três. Para cada tratamento foram produzidos briquetes não carbonizados e carbonizados. Os briquetes não carbonizados o tratamento BC*PI apresentou-se com valores dentro do aceitável para densidade aparente (0,77 g/cm³), teor de materiais voláteis (59,32%), teor de carbono fixo (38,50%) e de teor de cinzas (2,18%). Pelas análises de densidade aparente, os briquetes carbonizados o tratamento BC*PI apresentaram-se com valores recomendados para produção de carvão (0,37 g/cm³), teor de materiais voláteis (45,87%), teor de carbono fixo (52,11%) e teor de cinzas (2,22%). Recomenda-se novos estudos para a caracterização energética dos briquetes provenientes dos resíduos avaliados neste estudo.*

Palavras-chave. *Resíduos. Biomassa. Briquetes. Destinação.*

Introdução

A produção de resíduos nas indústrias de base florestal é uma consequência natural da sucessão de transformação, onde é perdido um volume significativo de madeira serrada, das sobras oriundas da transformação das toras pelas serras de desdobro (Valério et al., 2007). Esses resíduos podem ser reaproveitados de diversas formas, mas se destacam atualmente na geração de energia.

Além de resíduos de madeira, outros resíduos podem ser utilizados para esse fim como, por exemplo, a casca de arroz, palha de milho, sabugo, casca de coco, bagaço de cana, torta e casca de oleaginosas, entre outros (Sant'Anna et al., 2012).

As fontes de energia renováveis têm colaborado consideravelmente para uma evolução da eficiência energética nacional. A matriz energética mais renovável do mundo industrializado é a do Brasil, com 45,3% de sua produção proveniente de fontes como recursos hídricos, biomassa e etanol, além da energia eólica e solar (Brasil, 2010).

A briquetagem é um processo que consiste na aplicação de pressão a uma massa de partículas, com ou sem a adição de ligante e temperatura, os briquetes apresentam baixo teor de umidade e alta densidade energética, desta forma, apresentam melhores propriedades em relação aos resíduos particulados, podendo ser utilizados em padarias, pizzarias e olarias (Ahiduzzaman & Sadrul Islam, 2013).

O objetivo deste trabalho foi a produção e caracterização briquetes de resíduos gerados nas indústrias madeireiras e agrícolas da região sul do Tocantins.

Material e Métodos

Para a produção dos briquetes, foram utilizados resíduos de bagaço de cana (BC), casca de arroz (CA) e serragem de *Pinus* (PI). Os materiais foram coletados em marcenarias e áreas agrícolas no município de Gurupi-TO. O trabalho foi realizado na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi-TO.

O material utilizado foi acondicionado até atingir umidade de 10% para a confecção dos briquetes. Estes resíduos foram moídos e peneirados, utilizando-se as partículas que passaram pela peneira de 0,15mm. Para a compactação dos materiais foi utilizado um molde cilíndrico de 5,0 x 3,0 cm de comprimento e diâmetro, com o auxílio de uma prensa hidráulica com capacidade para 10 toneladas para prensagem. A pressão aplicada para a confecção dos briquetes foi de 10.000 $kgf.cm^{-2}$, mantida durante 5 minutos para a agregação do material. Foram confeccionados os briquetes para cada tratamento (Tabela 1) com iguais percentuais de resíduos.

Tabela 1. Proporção dos materiais utilizados por tratamento.

	Tratamentos			
	BC*PI	**CA*PI**	**BC*CA**	**BC*CA*PI**
Percentual (%)	50; 50	50; 50	50; 50	33,33; 33,33; 33,33;
Total	100%	100%	100%	100%

Nota: CA (casca de arroz), PI (*Pinus)* BC (bagaço de cana).

Caracterização dos briquetes não carbonizados

Para cálculo do volume foram tomadas, de cada briquete, medidas de altura, massa e raio para o cálculo do volume e densidade aparente. A densidade aparente foi calculada pela razão entre a massa a 10% e o volume a 10%.

A análise química imediata foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 8112 (1983) determinando-se o teor materiais voláteis, carbono fixo e cinzas.

Caracterização dos briquetes carbonizados

A carbonização dos briquetes foi feita em forno mufla com a seguinte programação: 60 minutos á 150°C, 90 minutos á 250°C e 30 minutos a 350°C com taxa de aquecimento de 1,4°C/min. Após a carbonização, os corpos de prova foram pesados e medidos em diâmetro e altura. Em seguida foi calculada a densidade aparente e o volume dos briquetes carbonizados.

O rendimento gravimétrico (%) foi calculado utilizando-se a razão entre as medidas do briquete carbonizado pelas medidas do briquete não carbonizado, sendo este resultado multiplicado por 100.

Para análise química imediata adotou-se o mesmo método dos briquetes não carbonizados, realizada de acordo com a norma ABNT NBR 8112 (1983).

Análise dos dados

O delineamento foi inteiramente casualizado 4 x 10 para o parâmetro Umidade dos briquetes não carbonizados e para o parâmetro rendimento gravimétrico dos briquetes carbonizados, com quatro tratamentos e dez repetições. Para a AQI utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com fatorial 4 x 2, sendo 4 misturas e 2 tratamentos. Primeiramente aplicou-se o teste de Bartlett para testar homogeneidade de variâncias e em seguida o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Constatando a normalidade fez-se o Teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apresentados os valores para densidade aparente (g/cm³) e umidade (%) para os briquetes não carbonizados.

Tabela 2. Valores médios de interação da umidade (%) dos briquetes não carbonizados.

Briquetes	Umidade (%)
BC*PI	9,16 b (9,74)
CA*PI	10,79 a (6,37)
CA*BC	9,24 b (3,54)
BC*CA*PI	7,97 c (5,00)

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na couna não diferem estatisticamente pelo teste de Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação.

O teor de umidade do material em estudo encontra-se dentro do padrão, pois a mesma variou de 7,97 a 10,79% de umidade sendo considera apropriada para produção de energia.

Verifica-se na Tabela 3 os valores médios de Rendimento gravimétrico (%) para os briquetes carbonizados.

Tabela 3. Valores médios do rendimento gravimétrico dos briquetes carbonizado (R%).

Briquetes	Rendimento gravimétrico (%)
BC*PI	40,74 b (4,59)
CA*PI	44,50 a (5,14)
CA*BC	45,33 a (4,38)

	BC*CA*PI	44,87 a (4,09)

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação.

Em relação ao rendimento gravimétrico, o tratamento que apresentou maior valor médio foi a combinação dos três resíduos.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios para a densidade aparente, teor de materiais voláteis, teor de carbono fixo e teor de cinzas dos briquetes não carbonizados e dos briquetes carbonizados.

Tabela 3. Valores médias da interação da densidade aparente (Da), teor de materiais voláteis (MV), teor de carbono fixo (CF) e teor de cinzas (A) para os briquetes não carbonizados e para os briquetes carbonizados.

Parâmetros	**Briquetes (misturas)**	**Testes**	
		Não carbonizado	**Carbonizado**
Da (g/cm³)	BC*PI	0,77 abA (7,38)	0,37 aB (10,63)
	CA*BC	0,79 aA (5,41)	0,38 aB (11,47)
	CA*PI	0,55 cA (3,54)	0,31 bB (8,57)
	BC*CA*PI	0,74 bA (3,15)	0,35 abB (22,80)
MV(%)	BC*PI	59,32 aA (4,45)	45,87 aB (3,68)
	CA*BC	49,96 bA (2,63)	37,84 bB (6,49)
	CA*PI	50,56 bA (3,40)	43,95 aB (3,57)
	BC*CA*PI	56,87 aA (0,91)	31,71 cB (11,07)
CF(%)	BC*PI	38,50 bB (6,92)	52,11 cA (3,22)
	CA*BC	45,31 aB (3,09)	57,40 bB (4,18)
	CA*PI	44,72 aB (3,86)	51,64 cA (3,16)
	BC*CA*PI	39,85 bB (1,63)	64,23 aA (5,74)
Cinzas (%)	BC*PI	2,18 cA (17,07)	2,22 cA (12,47)
	CA*BC	5,24 aA (8,01)	4,75 aB (9,50)

CA*PI	4,71 aA (5,62)	4,42 abA (10,61)
BC*CA*PI	3,28 bB (17,91)	4,06 bA (18,07)

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente (Teste de Tukey - P≥0,05). As interações entre os fatores foram Significativas (*) ao nível de 5% de probabilidade. Valores entre parêntesis correspondem ao coeficiente de variação.

Pode-se observar na Tabela 4 que para a densidade aparente houve diferenças significativas entre os tratamentos para os briquetes não carbonizados, entre os tratamentos para os briquetes carbonizados e entre a interação dos dois fatores. A maior média encontrada para os briquetes não carbonizados foi no tratamento CA*BC (0,79 g/cm³) e a menor média obtida foi no tratamento CA*PI (0,55 g/cm³). Para o teste dos briquetes carbonizados a maior média observada foi para o tratamento CA*BC (0,38 g/cm³) e a média encontrada foi para o tratamento CA*PI (0,31 g/cm³). Com a realização da carbonização ocorreu a diminuição da densidade aparente para todos os tratamentos carbonizados. Carvalho (2003) encontrou valores superiores para a densidade aparente do carvão de *Eucalyptus grandis* em torno de 0,50 a 0,60 g/cm³.

Observa-se que para o teor de matérias voláteis houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os briquetes não carbonizados, entre os carbonizados e entre a interação dos dois fatores (Tabela 4). A maior média observada foi no tratamento BC*PI (59,32%) e a menor média encontrada foi no tratamento CA*BC (49,96%) para os briquetes não carbonizados. Para os briquetes carbonizados a maior média encontrada foi no tratamento BC*PI (45,87%) e o menor valor observado foi no tratamento BC*CA*PI (31,71%) respectivamente. Pode-se observar que ocorreu uma diminuição no teor de matérias voláteis dos briquetes carbonizados quando comparado o com os briquetes não carbonizados.

Neves et al. (2011) observaram médias de teor de materiais voláteis do carvão para com o gênero *Eucalyptus*, entre 19,10 % e 18,28%.

Conforme a Tabela 4 observa-se que houve diferenças significativas entre os briquetes não carbonizados, entre os carbonizados e entre a interação dos dois fatores para o teor de carbono fixo. Pode-se observar que o tratamento CA*BC (45,31%) apresentou a maior média e o tratamento BC*PI (38,50%) apresentou a menor média para os briquetes não carbonizados. Para os briquetes carbonizados a maior média obtida foi para o tratamento BC*PA*PI (64,23%) e a menor média encontrada foi para o tratamento CA*PI (51,64%) respectivamente. No presente estudo foi constado que houve aumento do teor de carbono fixo nos briquetes carbonizados.

Conforme Chen et al. (2011) o briquete carbonizado é convertido em um combustível com menor teor de materiais voláteis e maior teor de carbono fixo. O mesmo foi observado no presente estudo. O teor de material voláteis neste estudo apresentou inversamente proporcional ao teor de carbono fixo, ou seja, quanto menor foi o teor de matérias voláteis maior apresentou-se o teor de carbono fixo no material. Segundo Brand (2010), baixos teores de materiais voláteis tendem a altos teores de carbono fixo no carvão vegetal.

De acordo com Gonçalves et al. (2009), a biomassa a ser utilizada como combustível, deve apresentar o menor teor de cinzas em sua composição, ficando abaixo de 3% . O

tratamento que mais se destacou por apresentar baixos teores de cinzas foi o BC*PI com 2,18% sendo o considerado o mais vantajoso quando comparado com os demais tratamentos para os briquetes não carbonizados.

Em relação às cinzas dos briquetes carbonizados, dentre os tratamentos realizados, o que obteve melhor desempenho para esta característica foi o BC*PI (2,22%), como mostra a Tabela 4. Conforme Brand (2010), o teor de cinzas para um bom carvão vegetal deve ter um conteúdo inferior a 3%, valor encontrado neste trabalho para BC*PI.

Conclusões

Os briquetes que apresentaram melhores resultados para o tratamento não carbonizado foram os constituídos de bagaço de cana-de-açúcar e pinus. Os briquetes carbonizados apresentaram-se com melhores resultados em todos os tratamentos sendo considerados aceitáveis para geração de energia devido os mesmos terem apresentado baixos teores de cinzas, consequentemente teores de carbono fixo e materiais voláteis favoráveis.

Referências Bibliográficas

AHIDUZZAMAN, M. (2013) Development of biomass stove for heating up die barrel of rice husk briquette machine, *Procedia Engineering*, v. 56, pp. 777–781.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112 (1983): Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro: ABNT. p.6.

BRAND, M. A. (2010). Energia de Biomassa Florestal. Rio de Janeiro: *Interciência,* pp.131.

BRASIL.(2010) Portal Brasil. *Matriz energética*. Brasília/DF. Disponível em: http://www.brasil.gov.br. Acesso em 05/04/2019.

CARVALHO. P. E. R (2003) Espécies arbóreas brasileiras. *Embrapa Florestas*, v. 5.

CHEN, W. H.(2011) Thermal pretreatment of wood (Lauan) block by torrefaction and its influence on the properties of the biomass. *Energy,* V.36, pp.3012-3021.

FELFLI, F.F. (2011). Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, V.35, N.1, pp.236-242.

GIL, M. V. (2010). Mechanical durability and combustion characteristics of pellets from biomass blends. *Bioresource Technology* Disponível em: https://www.researchgate.net.com . Acesso em: 04 de maio de 2019.

GONÇALVES, J. E. (2009). Energia de briquetes produzidos com rejeitos sólidos urbanos e madeira de Eucalyptus grandis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, V.13, N.5, pp. 657-661.

NEVES, T. A. et al. (2011). Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira.* v. 31, n. 68, p. 319-330.

SANT'ANNA, C. S. et al. (2012). Viabilidade de usina de briquete de casca de coco e glicerina em Sergipe. *Scientia Plena*. v. 8, n. 5.

VALÉRIO, A. F. (2007). Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro *de Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. *Revista Floresta***,** V.37, N.3.

AUMENTO DO TEOR DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DO BAMBU EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO

Suelen Fernanda Müller[1], Elisandra Pocojeski[2], Amanda Cristina Beal Acosta[3]

[1]*Mestranda em Ciência do Solo – Universidade Do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, Santa Catarina, Brasil, sufmuller@gmail.com*

[2]*Profª Drª Título – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos*

[3]*Graduanda em Engenharia Florestal - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos*

Resumo

As espécies de bambu apresentam grande potencial econômico, sendo um recurso florestal não-madeirável, renovável, e de simples manejo, possuindo aplicações nas mais diversas áreas, usos e produtos, além de apresentar em muitos aspectos superioridade na produtividade das espécies do gênero *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. O fósforo (P) é um nutriente vital para os processos metabólicos na planta relacionados a formação de ADP e ATP, além de participar de outras funções vitais a planta, enquanto que o potássio (K) oferece a planta maior vigor e resistência a pragas e doenças, aumentando a resistência dos colmos, e a resistência à seca e à geada, além de ser importante para a formação de raízes e tubérculos. O conhecimento da dinâmica destes nutrientes nas plantas de bambu é fundamental para que se possa aumentar a produtividade das espécies. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de P e K nas folhas do *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante). O trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O clima da região é do tipo Cfa e o solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho. As plantas foram transplantas em dezembro de 2014. Foram conduzidos dois experimentos no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela do bloco foi composta por cinco linhas, com quatro plantas em cada linha, e cada linha correspondendo a uma dose do nutriente. Os tratamentos do experimento de P foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg P_2O_5 ha^{-1} e do experimento de K: 0, 30, 60, 90 e 120 kg KCl ha^{-1}. Os produtos utilizados foram Superfosfato triplo e Cloreto de potássio, respectivamente, para P e K, com aplicação em cobertura. As aplicações foram realizadas em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 (metade da dose em cada). Em janeiro de 2017 foram coletadas 20 folhas, aleatoriamente, na porção superior de cada planta. O material vegetal foi seco em estufa a 65ºC e moído. A extração do P e K total foi realizada por digestão ácida, sendo a determinação de K realizada com leitura em espectrofotômetro de chama e a determinação de P realizada por Murphy & Riley (1962), com leitura em espectrofotômetro UV-Visível. As análises estatísticas foram realizadas no software R, os dados avaliados através de análise de variância e quando significativos ($p \leq 0,05$) realizada a análise de regressão. Os teores de P não foram significativos e variaram entre 0,109-0,241% no tecido vegetal das plantas de bambu. Os teores de K foram significativos e o modelo linear foi o que melhor se ajustou. Os teores variaram entre 0,58-1,17%, sendo que o maior teor se encontra na dose equivalente a 120 kg ha^{-1}. Para as condições do experimento, a adubação de P não alterou os

teores no tecido vegetal. Já a adubação de K proporcionou aumento dos teores de K no tecido, com aumento linear em função das doses utilizadas.

Palavras-chave. Fertilizantes. Adubação. *Dendrocalamus giganteus*. Bambu gigante.

Introdução

Atualmente muito se tem falado em produtos florestais não madeiráveis que venham substituir a madeira, diversificando a produção e trazendo novos avanços tecnológicos. Neste contexto, o bambu entra com um grande potencial, sendo um recurso florestal não-madeirável, renovável, e de simples manejo, possuindo aplicações nas mais diversas áreas, usos e produtos, além de apresentar em muitos aspectos superioridade na produtividade das espécies do gênero *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. Segundo Jaramillo (1992), não há outra espécie florestal que se compara ao bambu em velocidade de crescimento e de aproveitamento de área total.

Porém, no Brasil ainda há uma limitação quanto a produção das espécies em larga escala, isto devido a um aspecto cultural, e principalmente relacionado à falta de conhecimento acerca do manejo e industrialização destas espécies. Atualmente, há uma grande carência de pesquisas referentes ao manejo da adubação dos bambus sob condições brasileiras de solo e clima, devido a isso produtores vem utilizando recomendação de outras culturas, tal como a da cana de açúcar, para o manejo do bambu (MENDES, 2010).

Compreender a fertilidade do solo é um componente básico para qualquer produção vegetal. O fósforo (P) por exemplo, é um dos nutrientes fundamentais para os processos metabólicos na planta relacionados a formação de ADP e ATP, além de participar de diversas outras funções vitais da planta (MENDES, 2010). Já o Potássio oferece a planta maior vigor e resistência a pragas e doenças, aumentando a resistência dos colmos, e a resistência à secas e geadas, além de ser fundamental na formação de raízes e tubérculos (Malavolta, 2006).

Levando em conta a potencialidade da cultura do bambu, a prática da adubação como fator chave para a produção vegetal, e a carência de pesquisas voltadas a pratica de adubação das espécies de bambu em condições brasileiras, torna se necessário pesquisas que possam subsidiar o desenvolvimento da cultura do bambu do Brasil. Deste modo, este trabalho buscou avaliar a resposta do *Dendrocalamus giganteus* (Bambu gigante) à adubação, observando o acúmulo de Fósforo (P) e Potássio (K) nas suas folhas.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado em um plantio experimental de bambu, localizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O clima da região é do tipo Cfa, e a área experimental está sob um Nitossolo vermelho. A espécie utilizada no plantio experimental foram mudas de *Dendrocalamus giganteus*, estas foram transplantas em dezembro de 2014.

Foram conduzidos dois experimentos no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela do bloco foi composta por cinco linhas, com quatro plantas em cada linha, e cada linha correspondendo a uma dose do nutriente. Os produtos utilizados foram Superfosfato triplo (P_2O_5) e Cloreto de potássio (KCl). Os tratamentos do experimento de P

foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg P_2O_5 ha^{-1} e do experimento de K: 0, 30, 60, 90 e 120 kg KCl ha^{-1}., respectivamente, para P e K, com aplicação em cobertura. Foi aplicada também em uma única aplicação, uma dose padrão dos nutrientes que não eram o tratamento do experimento, sendo que no experimento de P foi adicionado 80 kg de Nitrogênio (N) ha^{-1} e 60 kg de KCl ha^{-1}; no experimento de K, foi adicionado 80 kg de N ha^{-1} e 80 kg de P_2O_5 ha^{-1}.
As aplicações foram realizadas em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 (metade da dose em cada). Em janeiro de 2017 foram coletadas 20 folhas, aleatoriamente, na porção superior de cada planta. O material vegetal foi seco em estufa a 65ºC e em seguida moído para a extração.

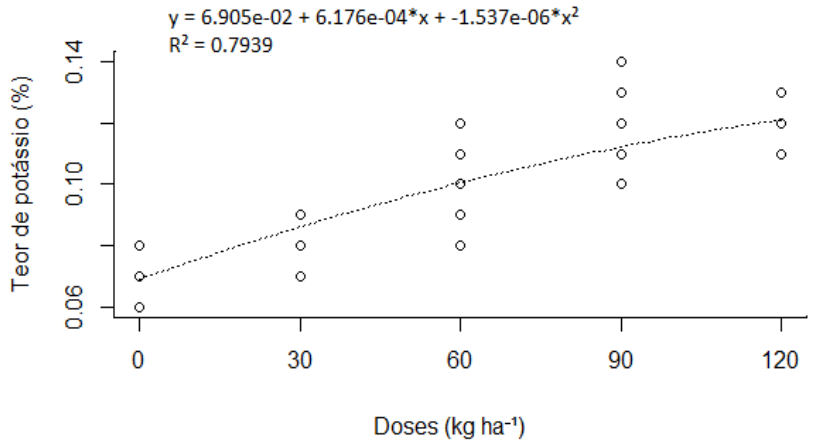
A extração do P e K total foi realizada por digestão ácida, sendo a determinação de K realizada com leitura em espectrofotômetro de chama e a determinação de P realizada seguindo a metodologia descrita por por Murphy & Riley (1962), com leitura em espectrofotômetro UV-Visível.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R, e os dados avaliados através da análise de variância, e quando significativos ($p \leq 0,05$) foi realizada uma análise de regressão.

Resultados e discussão

O teor de potássio nas folhas foi significativo a nível de 5% de probabilidade (p>= 0.05) para as doses de potássio aplicada (Figura 1).

Figura 1: Teor de potássio nas folhas do *Dendrocalamus giganteus* em função das doses de nitrogênio aplicadas.



Os teores de K variaram entre 0,05 – 0,14 %, sendo o maior teor na dose equivalente a 120 kg ha^{-1}, estes valores são considerados abaixo dos teores encontrados na literatura para outras espécies, porém nenhum estudo foi encontrado quanto aos teores desse nutriente na espécie estudada.

Dentre os nutrientes exigidos pelo bambu, autores relatam o potássio como o nutriente mais exigido. Embaye (2005), ao estudar a espécie Yushania alpina encontrou um teor de K de 1,03% no tecido foliar em plantas da faixa de idade de 1-3 anos. Shanmughavel e Francis (1996), estudando a espécie Bambusa bambos encontrou um teor de 1,6 % de K no tecido

foliar, valor aproximado ao relatado por Mailly et al. (1997) em seu trabalho sobre a espécie Phyllostachys pubencens, onde encontrou um teor de 1,5%.

O teor de fósforo nas folhas não foi significativo a nível de 5% de probabilidade (p>= 0.05) para as doses de fósforo aplicada, porém na dose 60 Kg ha^{-1} obteve se o maior teor do nutriente que corresponde a um teor entre 0,109 – 0,241 %. Oliveira (2007), observou em seu trabalho que o teor de fósforo nas folhas de *Bambusa vulgaris* em função da adubação fosfatada não obteve resposta significativa, porém na dose equivalente a 80 kg ha^{-1} obteve o maior teor de P, equivalente a 0,244%. Lima Neto et al. (2010), aponta o N, K e Ca como os nutrientes de maior exigência da cultura do bambu, sendo o fósforo exigidos em menores quantidades. Assim, o resultado não significativo em função das doses de P pode estar relacionado com uma possível menor exigência da cultura pelo nutriente.

O bambu geralmente é considerado uma planta pouco exigente a fertilidade do solo, o que pode ser considerado uma afirmação equivocada, pois segundo Pereira; Beraldo (2007) há muito pouco conhecimento referente a resposta em relação ao crescimento do bambu em razão da adubação. Sendo assim, ainda não se tem o devido conhecimento da potencialidade das espécies em crescimento sob doses adequadas de nutrientes.

Na literatura não existem recomendações sobre em qual período deve ser realizada a coleta e quais as folhas devem ser coletadas, estes são fatores importantes que devem ser estudados e padronizados para se ter confiabilidade na comparação com os dados encontrados na literatura.

Conclusões

A adubação potássica foi a que apresentou resultados significativos e positivo, proporcionando o aumento dos teores do nutriente no tecido foliar das plantas conforme o aumento da dose aplicada.

Recomenda se que estudos de padronização de metodologias para a amostragem de espécies de bambu sejam realizadas, para que seja possível a correta comparação entre estudos.

Mais estudos referentes ao manejo da adubação devem ser realizados, para que enfim seja criada uma recomendação de adubação das espécies, afim de subsidiar os plantios de alta produtividade das espécies.

Agradecimentos

A UTFPR, pelo suporte e concessão de recurso do programa de bolsas de fomento às ações de pesquisa da Universidade.

Referências Bibliográficas

JARAMILLO, S. V. La guadua en los grandes proyectos de inversion. In: Congresso Mundial de Bambu/Guadua. 1992, Pereira. **Anais**... Pereira, 1992. p. 219.

MENDES, A. M. S. **Introdução a fertilidade do solo**. Viçosa: Embrapa Semi-árido, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A. Modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 27, p.31-36, 1962.

EMBAYE, K. et al. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. **Forest Ecology and Management**, v. 204, n. 2, p. 159-169, 2005.

SHANMUGHAVEL P.; FRANCIS K. Above ground biomass production in growing bamboo (Bambusa bambos (L.). **Biomass and energy**. v.10, p.383-391, 1996.

MAILLY, D.; CHRISTANTY, L.; KIMMINS, J. P. 'Without bamboo, the land dies': nutrient cycling and biogeochemistry of a Javanese bamboo talun-kebun system. **Forest Ecology and Management**, v. 91, n. 2-3, p. 155-173, 1997.

OLIVEIRA, A. M. de. **Extração seletiva de componentes de bambu em autoclave**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada – Física da matéria condensada). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2007.

NETO, M.C. et al. Exportação de macronutrientes em cultivos comerciais de bambu no tabuleiro costeiro do estado da Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.251-257, 2010.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal, 2007.

Avaliação da qualidade do lenho de duas espécies da floresta amazônica

Andressa Vitoria Xavier Barbosa[1], Gabriela Bastos Carvalho[2], Marcos Breno Lopes Marques[3], Claudete Catanhede do Nascimento[4]

[1]*Aluno(a) do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais PPGCIFA/UFAM, andressavitoriaxb@gmail.com*

[2] *Aluno(a) do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais PPGCIFA/UFAM.*

[3] *Aluno(a) do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais PPGCIFA/UFAM.*

[4]*Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA.*

Resumo

A madeira, em razão de suas propriedades físicas e mecânicas, apresenta grande uso nos mais variados fins. O conhecimento dessas propriedades possibilita a utilização racional atendendo às normas de segurança e durabilidade. As avaliações destrutivas são os principais métodos utilizados para o conhecimento dessas propriedades. No entanto, é considerada uma metodologia onerosa. Nesse cenário as avaliações não-destrutivas, têm-se tornado uma importante ferramenta, pois fornecem informações mais precisas levando em consideração a propagação de ondas mecânicas, com rapidez e praticidade nos testes. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar as diferenças entre os métodos destrutivos e não-destrutivos para a avaliação da qualidade da madeira, utilizando duas espécies da floresta Amazônica. As espécies estudas foram *Simarouba amara* Aubl (Marupá) e *Brosimum rubescens* Taub (Pau-rainha)**,** coletada no município de Cruzeiro do Sul/Acre. De cada espécie foram obtidas amostras nas dimensões 70 x 23 x 01(cm) para determinação da densidade aparente e módulo de elasticidade a 12% de umidade. A densidade foi calculada pela relação peso e volume, medindo a largura, espessura e comprimento e pesadas em balança de precisão. Para a avaliação não-destrutiva foi realizado o cálculo do módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) e para a avaliação destrutiva usou-se o módulo de elasticidade estático (MOE). A densidade aparente média do Marupá foi de 0,39g/cm^3 e do Pau-rainha foi de 1,17g/cm^3. Para a avaliação não-destrutiva, primeiro determinou-se a velocidade de propagação, a partir da obtenção direta do tempo de propagação de ondas de tensão pelo aparelho Stress Wave Timer. Verificou-se, ao comparar os valores médios de velocidade e tempo de propagação de ondas, que a espécie *Brosimum rubescens* Taub. devido ter maior densidade aparente demostrou maior valor do MOEd com 160.387,86 kgf/cm^2, ou seja, esta espécie mostrou-se aproximadamente 100% mais resistente que a *Simarouba amara* Aubl. que apresentou 80.060,43 kgf/cm^2. No ensaio destrutivo, o módulo de elasticidade estático (MOE) para o Marupá apresentou resultados de 80.060,43 kgf/cm^2 e 135.000,00 kgf/cm^2 para o Pau-rainha. Pode-se observar que os dois métodos demonstraram resultados próximos, confirmando a eficácia do método não-destrutivo.

Palavras-chave. Madeiras da Amazônia. Resistência. Lenho. Metodologia não destrutiva.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS GERADOS NO CAMPUS DA UNIFOR

Flávia Araújo Gonçalves[1], Ariela dos Santos Amaral[2], Brigida Miola Rocha[3], Bruno Ricardo de Almeida[4]

[1] *Doutoranda em Ciências Marinhas Tropicais no Laboratório de Ciências do Mar-LABOMAR da Universidade Federal do Ceará; Professora dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Energias Renováveis da Universidade de Fortaleza-UNIFOR; flavia.araujo@unifor.br*

[2] *Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade de Fortaleza-UNIFOR;*

[3] *Professora dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Energias Renováveis da Universidade de Fortaleza-UNIFOR;*

[4] *Professor do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Fortaleza-UNIFOR.*

Resumo

Os resíduos de podas de árvores vêm crescendo gradativamente, pois o ato de podar as árvores, seja na cidade ou em uma universidade, por exemplo, é rotineiro. Com isso, os aterros sanitários e lixões estão cada vez mais sobrecarregados, pois no Brasil, essas podas são descartadas de maneira incorreta, sem uma finalidade adequada. Entretanto, esse tipo de resíduo está tendo uma reutilização correta e viável, como na produção de compostagem, pois os resíduos lignocelulósicos são considerados como uma biomassa energética florestal, que é a combinação do uso racional e eficiente de energia, pois a sua produção gera eletricidade, calor ou combustível. Com a necessidade de se estudar novas fontes de energias renováveis e na busca por combustíveis alternativos aos combustíveis fósseis, a utilização dos resíduos de podas de árvores como fonte energética apresenta aspectos positivos, sendo viavelmente econômico. Assim, este projeto visa avaliar o potencial energético dos resíduos lignocelulósicos através da produção de briquetes. Foram realizadas análises físico-químicas dos briquetes e da biomassa in natura: teor de umidade, teor de voláteis, cinzas, carbono fixo e densidade, para avaliar seu potencial energético através do poder calorífico. Como resultado dessas análises, foi encontrado um teor de umidade um pouco elevado da biomassa in natura, obtendo assim um poder calorífico de 10,41 MJ/Kg, resultado este não tão baixo comparada com a literatura. O poder calorífico para o briquete foi de 18,43 MJ/Kg, esse resultado é considerado bom e eficiente para geração de calor. Assim, verificado o potencial de utilização dos resíduos de biomassa florestal como uma alternativa energética, sustentável, além de ser uma energia renovável pouco explorada, possui vantagens socioambientais, o que impacta positivamente na sociedade, seja em pequenos estabelecimentos para fornalhas até mesmo para grandes indústrias.

Palavras-chave. Briquetes. Energia Renovável. Biomassa Florestal.

Introdução

O desenvolvimento da biomassa vem crescendo em diversos países, eles exploram a biomassa para fornecer energia à população ou até mesmo em indústrias. O potencial futuro para a energia da biomassa depende da disponibilidade de terra. Atualmente, a quantidade de terra dedicada ao cultivo de biomassa energética é de apenas 25 milhões de hectares ou 0,19% da área terrestre (OLIVEIRA, 2015).

O uso de fontes de energias renováveis tem sido mais eficiente e aproveitado da melhor forma, pois a crise energética mundial procura essa necessidade para a crise ambiental, do uso excessivo de fontes de energia não renováveis. Quando a biomassa é utilizada para fins energéticos, apresenta três categorias: florestal, agrícola e rejeitos urbanos. Os resíduos de podas de árvores é considera como uma biomassa energética florestal. Seu conteúdo energético está associado à celulose e lignina contidas na matéria e ao baixo teor de umidade.

Cerca de 55 hectares compõem a exuberante área verde do campus da Universidade de Fortaleza, toda a área verde está definida no plano diretor da Instituição, que é o instrumento que rege a evolução do próprio Campus. A ideia do plano diretor é que a área verde seja maior do que o espaço ocupado pelas edificações, dessa forma as árvores se torna uma prática permanente, que visa garantir um conjunto de árvores vitais, seguras e de aspecto visual agradável, gerando assim uma quantidade de resíduos que podem ser valorados energeticamente e/ou dispostos de forma sustentável.

Portanto, o presente trabalho possui o objetivo de avaliar o potencial energético dos resíduos lignocelulósicos para produção de energia, através da fabricação dos briquetes, que é um biocombustível sólido. O potencial energético dos resíduos lignocelulósicos, que são resíduos florestais, é muito grande, pois além de gerar energia limpa, é uma fonte renovável e que substitui o carvão.

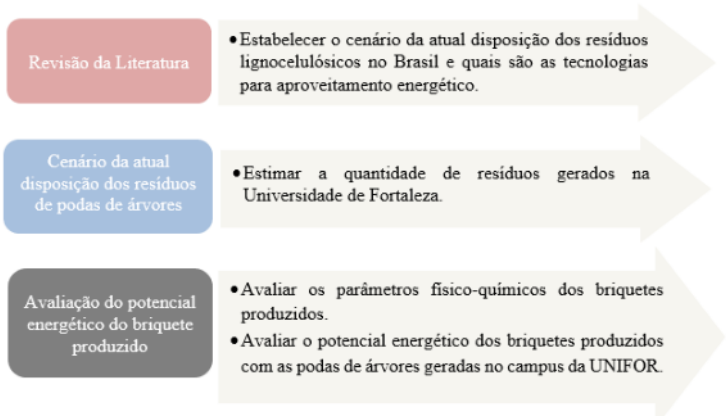
Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Universidade de Fortaleza, no laboratório da própria universidade. O alvo principal da pesquisa, é a análise do resíduo de poda de árvore, pois foi avaliado seu potencial energético para a fabricação de briquetes.

A abordagem foi de origem quantitativa, onde foi utilizada a geração dos resíduos de podas de árvores. Após isso, obteve-se resultados através das análises realizadas no laboratório, com equipamentos como: mufla, forno e prensa.

Para realizar os objetivos propostos neste trabalho foi abordado três etapas principais (Figura 1).

Figura 1. Diagrama das etapas de desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

A Figura 2 mostra como o *Campus* possui mais área verde, ocupando mais do que as edificações existentes, o que é proposto no plano diretor da universidade. O que se torna constante o ato de podar as árvores e com isso ter um controle dos dados coletados pela empresa gerenciadora dos resíduos da instituição a qual disponibilizou uma declaração com esses dados.

Figura 2. Campus da Universidade de Fortaleza

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

A pesquisa experimental visou ensaios de adensamento de biomassa por briquetagem. Nestes ensaios, foram utilizados os resíduos de podas de árvores, os quais foram caracterizados quanto a seus parâmetros físico-químicos, para que seja possível analisá-los como combustíveis sólidos resistentes, bem como detentores de densidades energéticas significativas. A Figura 3 mostra como foi feito o processo de briquetagem e os parâmetros físico-químicos realizados.

Figura 3. Processo de Briquetagem

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

Resultados e discussão

A análise foi realizada por meio da biomassa *in natura* e pelo briquete fabricado. A Tabela 1 apresenta as características físico-químicas da biomassa *in natura* dos resíduos lignocelulósicos.

Tabela 1. Características da biomassa *in natura*.

Teor de umidade %	Materiais Voláteis %	Teor de Cinzas %	Carbono Fixo %	Poder Calorífico Superior (PCS) MJ/Kg	Densidade g/cm³
42,37	5,3	2,79	2,0	10,41	0,215

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

O resultado de teor de umidade foi de 42,37%, o que resultou em um valor superior ao limite comprometendo a eficiência da queima, que quanto maior o teor de umidade, menor será o poder calorífico. O valor obtido para a análise do poder calorífico da biomassa *in natura* foi de 10,41 MJ/Kg e em Kcal/Kg fica 2.486,4285 Kcal/Kg. Como o valor encontrado do teor de umidade foi elevado e as análises possuem influência, comprometeu a eficiência da queima, reduzindo seu poder calorífico.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-química do briquete produzido, da biomassa em base seca proveniente dos resíduos de poda de árvore.

Tabela 2. Características do briquete.

Teor de umidade %	Materiais Voláteis %	Teor de Cinzas %	Carbono Fixo %	Poder Calorífico Superior (PCS) MJ/Kg	Densidade g/cm³

3,78	84,1	3,90	12,0	18,43	0,1821

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

O resultado obtido para o teor de umidade do briquete foi de 3,789%, ele tende a ser um valor muito baixo comparado com a biomassa *in natura,* é uma característica dele devido ao processo de secagem. Isso transforma o resíduo em uma lenha de alta qualidade. O valor para o poder calorífico do briquete foi de 18,43 MJ/Kg convertendo fica 4.402,0055 Kcal/Kg. Segundo a Embrapa (2012), o poder calorífico da maravalha e pó de serra de eucalipto é de 4.500 Kcal/Kg. Então para o resultado encontrado foi um valor bem próximo.

Os dados mostrados no Quadro 1 são referentes à coleta dos meses de 2018, com isso foi possível verificar a quantidade de podas de árvores que é gerada na instituição em quilogramas.

Quadro 1. Total de podas coletadas em 2018.

Mês	**Podas (Kg)**
Janeiro	83.170
Fevereiro	116.620
Março	72.710
Abril	82.990
Maio	78.250
Junho	83.450
Julho	54.940
Agosto	51.460
Setembro	50.220
Outubro	75.335
Novembro	59.265
Dezembro	52.340
Total Geral	**860.750**

Fonte: Elaborada pelos autores, 2019.

Através dos dados fornecidos no Quadro 1, pode-se concluir que a média em kg para os resíduos de podas de árvore foi de 74.023 Kg. Com isso, foi calculado seu potencial energético. Segundo a Embrapa (2012), os briquetes possuem diâmetros entre 5 e 10 cm, comprimento entre 25 e 40 cm, mas podendo variar os valores de acordo com as especificações internacionais.

Para o cálculo do volume do briquete, utiliza-se a equação 1. Assim, para briquete com diâmetro igual a 5 e comprimento igual a 25, obteve o seguinte resultado:

$$V = \frac{\pi * D^2 * L}{4} = \frac{\pi * 5^2 * 25}{4} = 490{,}62\ cm^3$$

A densidade do briquete, segundo a Embrapa (2012), varia entre 0,5 e 1,2 g/cm³. Quanto maior a densidade, maior será a razão entre energia/volume (Equação 02). Para calcular o peso unitário do briquete considerando as dimensões acima de 0,5g/cm³ obteve o seguinte resultado de:

$$Peso = V * d = 490{,}62 * 0{,}5 = 245{,}31\ g$$

A partir dos resultados encontrados, pode-se calcular a produção dos briquete, sendo possível quantificar a energia teórica gerada na combustão de briquetes. Para isso, precisa converter 245,31 g para 0,24531 kg e a quantidade total dos resíduos pro ano de 2018 é de 860.750 Kg. Aplicou-se na seguinte fórmula (Equação 03):

$$Nº\ de\ Briquetes = \frac{Quantidade\ total\ de\ resíduos\ (kg)}{Peso\ unitário\ do\ Briquete\ (kg)} = \frac{860.750}{0{,}24531} = 3.508.825{,}568$$

Esse resultado mostra a quantidade de briquetes que pode ser produzido anualmente. Após isso, foi multiplicado o peso por unidade pelo poder calorífico do briquete, que é de 4.402,0055 Kcal/Kg, com isso obteve o seguinte resultado (Equação 04).

$$P = 0{,}24531 * 4.402{,}0055 = 1.079{,}856\ Kcal$$

Com o resultado encontrado, obtém-se agora a energia produzida estimada em kWh para o briquete. Sabendo que 1 Kcal é igual a 0,0011622 kWh, obteve um resultado de 1,255 kWh. Assim, multiplicando o número total de briquetes pela energia produzida alcançou (Equação 05):

$$PGE = 1{,}255 * 860.750 = 1.080.241{,}25\ kWh$$

Conclusões

A utilização de briquetes proveniente dos resíduos lignocelulósicos é uma alternativa viável e de menor impacto ambiental, que produz energia de forma mais econômica e sustentável. Diminuindo a sobrecarga dos aterros sanitários e lixões, que ocupa grandes áreas.

Após as análises e comparação de resultados através de outras literaturas, pode-se observar que o valor do poder calorífico superior da biomassa *in natura* foi de 10,41 MJ/Kg, o que não é um valor tão baixo. Já para o poder calorífico do briquete, o valor encontrado foi de 18,43 MJ/Kg, é um resultado muito bom para queima da combustão.

Com isso, foi utilizado o poder calorífico do briquete para avaliar o potencial energético da biomassa proveniente dos resíduos de podas de árvores pode produzir, e o resultado foi de 1.080.241,25 kWh. Esse resultado é eficiente para geração de energia.

Referências Bibliográficas

EMBRAPA. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustrais e florestais.** Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/952626/1/DOC13.pdf. Acesso em: 02/10/2018.

OLIVEIRA, C. M. de. (2015) **Biomassa Briquete Woodpellets.** Curitiba: Instituto Brasileiro Pellets Biomassa Briquete, 534 p.

BIOMASSA DE DESRAMA DE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus sp.* NA REGIÃO DO SUDOESTE DO PARANÁ

Bonk, C[1], Dourado, M. G[2], Ribeiro, R. R[3], Mezzalira, C. C[4], Brun, E. J[5]

[1] *Eng. Ind. Madeireira. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da UTFPR Campus Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail. carol_bonk@hotmail.com*

[2]*Eng. Florestal. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas da UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR.*

[3]*Eng. Florestal. Mestre em Agronomia, UTFPR, Campus Pato Branco, PR.*

[4]*Eng. Florestal. Mestre em Ciências Agrárias I, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR.*

[5]*Eng. Florestal. Dr. Professor UTFPR Campus, Dois Vizinhos, PR.*

Resumo

Em um ecossistema florestal, a quantidade de nutrientes é determinada pelo somatório dos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, casca e lenho), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. A avaliação da biomassa nos povoamentos florestais permite avaliar a produtividade e o acúmulo de massa seca nos diferentes componentes das árvores, auxiliando no planejamento da exploração racional dos ecossistemas. O objetivo do estudo foi estimar a biomassa proveniente da primeira desrama de diferentes materiais genéticos de Eucalyptus sp., plantados na região Sudoeste do Paraná. O presente estudo teve por base a Unidade de Ensino e Pesquisa em Povoamentos Florestais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Paraná, onde o Projeto TUME (Teste de Uso Múltiplo de Eucalipto) foi instalado em dezembro de 2009. Foram selecionados dez materiais genéticos de Eucalyptus e, em cada parcela, foram selecionadas 5 árvores de cada um dos diferentes materiais genéticos do gênero Eucalyptus sp., com 2 anos de idade, de forma aleatória. A biomassa da desrama (galhos e folhas) foi coletada, pesada para cada árvore (peso fresco) e depois estimou-se o peso seco com base em amostras secas em estufa, e o peso seco total para galhos e folhas. A maior quantidade de biomassa seca de folhas foi encontrada para o Eucalyptus urophylla, com 21,76 kg árv.$^{-1}$ e a menor quantidade no Eucalyptus camaldulensis, com 7,71 kg árv.$^{-1}$. A distribuição da biomassa seca de desrama das espécies de eucalipto, aos 24 meses de idade apresentou maior quantidade nos galhos (55%) do que nas folhas, com 45%. As espécies Eucalyptus urophylla, Eucalyptus urophylla, clone floração e Eucalyptus. propinqua foram os indivíduos que mais alocaram biomassa em galhos.

Palavras-chave. Povoamentos Florestais. Produtividade Florestal. Qualidade da madeira.

Introdução

A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade da biomassa das florestas de rápido crescimento, como as florestas de eucalipto, as quais são altamente demandantes por nutrientes, está diretamente ligada ao processo de ciclagem de nutrientes (VEZZANI; TEDESCO; BARROS, 2001). As características físicas e químicas dos solos desempenham um importante papel na determinação da produtividade das florestas e disponibilidade dos nutrientes minerais para as plantas (ADUN; VILELA; KLINK, 2003).

Em um ecossistema florestal, a quantidade de nutrientes é determinada pelo somatório dos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, casca e lenho), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. Em geral, a biomassa viva acima do solo representa a maior fração, onde são estocados a maior parte dos nutrientes. Segundo Schumacher et al. (2019), esse sistema é aberto, podendo ocorrer trocas entre os compartimentos de forma aleatória e constante, podendo ocorrer de forma natural ou induzida pelo homem.

O acúmulo de biomassa em árvores é influenciado pela espécie, cobertura vegetal e condições de solo e clima. Segundo Schumacher e Hoppe (1997), a biomassa depositada acima e abaixo da superfície do solo tem grande importância para a manutenção do equilíbrio do ciclo biogeoquímico, uma vez que as plantas absorvem os nutrientes do solo, produzem biomassa e a devolvem posteriormente ao solo em forma de serapilheira, sendo mineralizada e novamente os nutrientes são absorvidos pelas raízes.

A avaliação da biomassa nos povoamentos florestais permite avaliar a produtividade e o acúmulo de massa seca nos diferentes componentes das árvores, auxiliando no planejamento da exploração racional dos ecossistemas (CAMPOS, 1991). A desrama é uma prática silvicultural essencial, com objetivo de diminuir a ocorrência de defeitos no tronco, como nós e bolsas de resina, pois estes problemas afetam na resistência e na aparência da superfície, ou seja, na qualidade e no valor dessa madeira (VALE, 2002).

Com base nesse contexto, este trabalho teve como objetivo estimar a biomassa proveniente da primeira desrama de diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* sp., com 2 anos de idade, plantados na região Sudoeste do Paraná.

Material e Métodos

O presente estudo teve por base a Unidade de Ensino e Pesquisa em Povoamentos Florestais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Paraná, onde o Projeto TUME (Teste de Uso Múltiplo de Eucalipto) foi instalado em dezembro de 2009. O município de Dois Vizinhos está localizado na região sudoeste do Paraná, com altitude média de 509 metros acima do nível do mar, Latitudes entre 25° 44’ 03” e 25° 46’ 05“ Sul e Longitudes entre 53° 03’ 01” e 53° 03’ 10” Oeste – GR (ALVAREZ et al., 2013).

O clima característico da região é o Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o verão e verões quentes. A região registra temperaturas médias anuais de 19ºC e pluviosidade média de 2025 mm anuais (IAPAR, 2008). O solo é classificado como Nitossolo Vermelho distroférrico típico (Bianchini et al., 2009), o relevo é constituído por planaltos com altitudes médias de 500 metros.

Os 10 materiais genéticos do gênero *Eucalyptus* (entre espécies, clones e híbridos), selecionados para determinação da biomassa de desrama neste trabalho, são provenientes de mudas adquiridas da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, São Paulo, pertencente à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, sendo compostas por: espécie *Eucalyptus urophylla*, espécie *E. camaldulensis*, espécie *E. pellita*, clone GFMO27, clone I224, *E. urophylla* clone floração, espécie *E. propinqua*, híbrido *E. saligna* x *E. botryoides*, híbrido *E. pellita* x *E. tereticornis* e clone H13. As parcelas foram compostas de 10 linhas, com 16 plantas, em espaçamento de 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas.

Em cada parcela dos diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* sp., com 2 anos de idade, de forma aleatória, foram selecionadas 5 árvores. Estas árvores foram desramadas e a biomassa proveniente da desrama foi recolhida e fracionadas nos componentes galhos e folhas. A biomassa da desrama (galhos e folhas em conjunto) foi acondicionada em sacos plásticos e pesados em campo com o auxílio de balança, obtendo o peso fresco total. Após isso, foram separadas as folhas e os galhos de 3 galhos escolhidos aleatoriamente na biomassa da desrama de cada árvore, visando estabelecer proporção entre galhos e folhas, as quais foram também pesadas. Na sequência, porções representativas de cerca de 500 g de cada amostra foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, pesados em balança de precisão (0,01 g), obtendo massa verde da amostra e postos para secar em estufa de circulação e renovação de ar a 65° C por aproximadamente 72 horas, até atingirem peso constante. Tendo-se peso fresco e seco das amostras, estimou-se o peso seco total dos galhos e folhas provenientes das amostras, com posterior extrapolação para a biomassa de desrama de cada árvore, na proporção anteriormente calculada entre galhos e folhas. Os dados foram analisados com 10 tratamentos (espécies) e 5 repetições (árvores), através de planilha Excel.

Resultados e discussão

Em nível de caracterização das parcelas amostrais com os diferentes materiais genéticos, as espécies apresentaram crescimento em diâmetro e altura aos 24 meses de idade variando entre 8,2 e 12,7 cm e 8,5 a 12,7 m respectivamente (Tabela 1). No estudo realizado por Tonini et al. (2016), analisando distintos clones de eucalipto aos 15 meses de idade GG100, H13, 1277, I144 e VM01, H13, e I144, ocorreram variações entre 7,7 a 10,7 cm de diâmetro e 7,7 a 11,0 m de altura. No estudo de biomassa em povoamentos 2 a 8 anos de idade de *Eucalyptus* sp., de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz/RS, Schumacher; Witschoreck; Calil (2011), destacaram a alta densidade nos povoamentos de 2, 4, 6 e 8 anos cultivados em uma área útil por planta, chegando a ser inferior a 3 m², na sequência de idades, encontraram respectivamente 2645,8; 3569,4; 2354,2; 2375,0 árvores ha^{-1}.

A maior quantidade de biomassa seca das folhas foi encontrada para o *Eucalyptus urophylla*, com 21,76 kg e a menor quantidade no *Eucalyptus camaldulensis*, com 7,71 kg $árv.^{-1}$ (Tabela 2). Segundo Silva (2015), em *Eucalyptus benthamii* no compartimento folha, a produção de biomassa foi de 5,0 kg $árv.^{-1}$ para o espaçamento 3 x 2 m, conforme ocorreu o aumento do espaçamento, aumentou a produção média da biomassa foliar.

Tabela 1. Valores médios das características dendrométricas dos povoamentos dos dez materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. do projeto TUME.

Espécie	DAP médio (cm)	Altura total (m)	Altura desramada (m)	Densidade (nº árv./ha)
ESB	11,88	11,77	3,78	948
EU	12,77	10,28	3,35	385
C-H13	12,7	12,71	4,05	646
EP	8,44	8,66	3,20	1063
EC	8,99	10,15	4,02	1010
EPRO	10,39	10,46	3,37	1135
EPT	8,23	8,56	3,47	1264
GFMO 27	11,56	11,95	4,15	948
EUF	13,41	12,25	3,70	883
C-I-224	12,32	12,17	4,12	819

* dap = diâmetro a altura do peito; ESB (*Eucalyptus Saligna x Botryoides);* EU *(Eucalyptus Urophylla);* C-H 13 (Clone H13); EP (*Eucalyptus Propinqua);* EC (*Eucalyptus Camaldulensis);* EPRO (*Eucalyptus pellitta*); EPT (*Eucalyptus pellitta x terecticornis*); GFMO 27 (Clone G27); EUF (*Eucalyptus Urophylla* floração); C-I-224 (Clone I 24).

Com o aumento da densidade populacional, ou seja, na quantidade das árvores, não houve influência direta na produção de biomassa total de desrama por unidade de área (Tabela 2). Essa diferença pode estar relacionada a densidade do povoamento, pois é um fator que influência na alocação biomassa nas folhas, galhos, caule, flores e frutos das árvores, que pode estar relacionada com a idade, espaçamento, espécie e a fertilidade do solo entre outros fatores, também afetam de forma direta na quantidade de biomassa (SCHUMACHER; WITSCHORECK; CALIL, 2011).

Tabela 2. Quantidade da biomassa seca de desrama (kg árv.$^{-1}$), para folhas e galhos, aos 2 anos de idade, para 10 materiais genéticos de *Eucalyptus* sp.

Espécie	Biomassa seca (kg árv.$^{-1}$),			Biomassa total (kg ha^{-1})
	Folhas	Galhos	Total	
E. saligna x *E. botryoides*	9,72	10,78	20,51	19441,8
E. urophylla	21,76	25,83	47,59	18342,5
Clone H13	11,71	13,48	25,19	16267,5
E. propinqua	20,11	23,27	43,38	46088,5
E. camaldulensis	4,71	7,01	11,72	11837,1
E. Pellitta	11,53	14,12	25,66	29134,1
E. pellitta x *E. terecticornis*	8,73	12,57	21,30	26921,3
GFMO 27	9,55	11,57	21,12	20018,0
E. urophylla floração	18,81	24,26	43,07	38046,8
Clone I-224	10,19	12,37	22,57	18491,4
Média	**12,68**	**15,53**	**28,21**	**24458,9**
CV%	**44,08**	**41,75**	**42,66**	**43,63**

A biomassa seca da desrama das folhas apresentou uma média de 12,68 kg árv.$^{-1}$ e dos galhos 15,53 kg árv.$^{-1}$. Conforme Girard et al. (2007), ao avaliar o volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro, as folhas e galhos representaram em média 1,12 e 4,16 kg árv.$^{-1}$ de biomassa seca, respectivamente, o que representou cerca de 24,03% da biomassa

seca total. Já Cunha et al. (2018), avaliando diferentes materiais genéticos de eucalipto aos 7 anos de idade em diferentes intervalos de classes para diâmetros, encontraram, na classe I (13,38 a 16,56 cm), 12,97 kg árv.$^{-1}$ de biomassa para o componente galho e 14,97 kg árv.$^{-1}$ para a biomassa seca de folhas.

Observa-se que a distribuição da biomassa seca das espécies de eucalipto aos 24 meses de idade apresentou maior quantidade nos galhos, com 55,1%, contra 44,9% contidas nas folhas.

Em média foi removido um percentual de 34% de altura desramada na área amostrada do TUME. Monte et al. (2009) ao avaliarem o crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste, afirma que deve-se evitar a remoção superior a 60% da biomassa foliar total, para se obter madeira de diâmetro elevado.

As espécies *Eucalyptus urophylla, Eucalyptus urophylla* floração e *Eucalyptus. propinqua* foram os indivíduos que mais alocaram biomassa em galhos, com biomassa desramada de 25,83; 24,26 e 23,27 kg árv.$^{-1}$, respectivamente. Tonini et al. (2016), avaliando percentual de biomassa do clone H13 observaram uma variação de 31% a 37% nos galhos. Os autores ressaltam que, sob o ponto de vista comercial e estrutural, é esperado menor concentração de biomassa nos galhos, uma vez que na maioria dos casos o objetivo do produtor é aumentar o volume do fuste e melhorar a qualidade da madeira para possibilitar a comercialização da madeira serrada. A idade das árvores na qual é realizada a desrama irá influenciar na distribuição de biomassa dos compartimentos de tronco e copa das árvores.

Conclusões

A maior biomassa (kg ha^{-1}) da desrama foi identificada no *Eucalyptus propinqua* e a menor quantidade no *Eucalyptus camaldulensis.*

O componente galho apresentou maior quantidade de biomassa da desrama em relação as folhas, indicando comportamento típico de uma espécie promissora para produção de madeira de forma comercial e a baixa proporção de folhas na biomassa da copa.

Referências Bibliográficas

ADUN, R.E., VILELA, M.F., KLINK, C.A. (2003) Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres. *O caso do cerrado brasileiro*. Embrapa. pp. 28. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40543/1/Ciclagem-de-Carbono-em-Ecossistemas-Terrestres-O-Caso-do-Cerrado-Brasileiro-.pdfAcesso. Acesso em 25 de maio de 2019

ALVAREZ, C. *et al*. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. V.22, N.1, pp.711-728.

BIANCHINI, C., LIMA, L. P. de., CONCEIÇÃO, P. C., PAULUS, D. (2009) Produção de Abobrinha de Tronco com uso de Plantas de Cobertura, Dois Vizinhos- PR. In: III SEMINÁRIO: SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA–AGRONOMIA, Dois Vizinhos. ***Anais...*** Disponível em: http://web.dv.utfpr.edu.br/seer/index.php/SSPA/article/view/143/26. Acesso em 13 de maio de 2019.

CAMPOS, M. A. (1991) Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*: Avaliação na safra e na safrinha. Curitiba.106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná.

CUNHA, S.D., GRUPIONI, P.H.F., SILVA, M.F. (2018) Prod ução de biomassa de Eucalyptus urograndis em um sistema agroflorestal. In: 15º SEMANA DE CIENCIAS AGRARIAS E JORNADA DE PRODUÇÃO DA

PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL. ***Anais...*** Disponível em: https://www.anais.ueg.br/index.php/seciag/article/view/11090. Acesso em 25 de maio de 2019.

GIRARD, E.A., KOEHLER, S.H., NETTO, P.S (2007) Volume, biomassa, e rendimento de óleos essenciais do craveiro (Pimenta pseudocaryophyllus (Gomes) Landrum). *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, V. 5, N.2, pp. 147-165.

IAPAR -INSTITUTO AGONÔMICO DO PARANÁ. (2008) *Sistema de Monitoramento Agroclimático do Paraná*. Disponível em: http://www.iapar.br. Acesso em: 13 de maio de 2019.

MONTE, M.A., REIS, M.G.F., REIS, G.G (2009) Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. *Revista árvore*. V. 33, N.5, pp 777-787.

SILVA, S.V.K (2015) Produção da biomassa e quantificação de nutrientes em Eucalyptus benthamii Maiden et cambage sob diferentes densidades de plantio. 89f. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava.

SCHUMACHER, M. V. & HOPPE, J. M. (1997) *A complexidade dos Ecossistemas.* Porto Alegre: Pallotti, pp.50

SHUMACHER, V. M., WITSCHORECK, R., CALIL, F. N et al., (2019) Manejo da biomassa e sustentabilidade nutricional em povoamentos de *Eucalyptus* spp. em pequenas propriedades rurais. *Ciência Florestal.* V.29, N.1, pp. 144-156.

SHUMACHER, V. M., WITSCHORECK, R., CALIL, F. N. (2011) Biomassa em povoamentos de Eucalyptus spp de pequebas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. *Ciência Florestal.* V.21, N.1, pp. 17-22.

TONINI, H., MORALES, M. M., MENEGUCI, J. L. P. (2016) Biomassa e área foliar de clones de eucalipto em ILPF: Implicações para a desrama. Revista Nativa, v.4, n.5, pp.271-276.

VALE, R.S., MACEDO, R.L.G., VENTURIN, N et al., (2002) Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. *Revista árvore.* V.26, N.3, pp. 285-287.

VEZZANI, F.M., TEDESCO, M. J., BARROS, N.F. (2001) Alterações dos nutrientes no solo e nas plantas em consórcio de eucalipto e acácia negra. *Revista Brasileira Ciência do Solo*. V.25, pp. 225-231.

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO CARVÃO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze

Camila Freire Dias[1], Jessyca Fernades[2], Renata Carvalho da Silva[3], Wendel Marciano Freitas Lima dos Santos [4], Raquel Marchesan[5]

[1] *Aluna de graduação do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Tocantins. camila_freire@mail.uft.edu.br.*

[2]*Engenheira Florestal pela Universidade Federal do Tocantins.*

[3]*Aluna do programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ambientais,*

[4]*Aluno de graduação do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Tocantins.*

[5]*Professora Orientadora, Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Tocantins.*

Resumo

O objetivo deste estudo foi produzir e caracterizar o carvão de Araucaria angustifolia com o intuito de utilizar os resíduos da colheita e da indústria como fonte de energia. As amostras foram provenientes de um plantio seminal de 39 anos de idade, localizado no município de Palma Sola, SC. Os corpos de prova foram obtidos nas posições base, DAP e 75% da altura de quatro árvores e dimensionados com 2,5 x 2,5 x 5,0 cm. A massa específica básica da madeira foi calculada pela norma ASTM D-2395. A determinação da massa específica aparente do carvão foi determinada segundo a norma NBR 9156 da (ABNT) (1985). O rendimento gravimétrico foi calculado a partir da relação entre a massa seca de carvão e a massa seca de madeira foi obtida por meio de pesagem em balança analítica. A Análise Química Imediata foi realizada e por fim foi calculado o poder calorífico do carvão. A madeira de araucária possui densidade básica média (0,40 g.cm^{-3}). Os teores de materiais voláteis (34,67%) e carbono fixo (64,53%) não apresentaram valores aceitáveis, apenas o teor de cinzas (0,78%) encontra-se dentro do recomendável. O poder calorífico apresentou-se abaixo do recomendado para o carvão de qualidade.

Palavras-chave. *Carvão vegetal; Densidade básica; Análise química imediata; Poder calorífico.*

Introdução

A *Araucaria angustifólia* (Bertol.) O. Kuntze (1898), também conhecida como pinheiro-do-paraná ou simplesmente araucária, é uma espécie nativa. Árvore característica da Floresta Ombrófila Mista, é considerada a mais valiosa conífera nativa de importância econômica nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (ROSA et al., 2010).

No passado, a espécie ocupava grandes áreas, porém houve uma exploração indiscriminada, colocando-a na lista de espécies em extinção, na categoria EN (em perigo). Atualmente, dos 20 milhões de hectares originalmente cobertos pela floresta de araucária, foram desmatados cerca de 80% (MARTINELLI et al., 2013).

O aumento no consumo de energia no mundo vem acompanhando o crescimento populacional desenfreado dos últimos anos. Uma alternativa utilizada pela humanidade desde os primórdios de sua existência é a biomassa como fonte de energia. No Brasil a biomassa é constituída em grande parte por madeira, que quando empregada para geração de energia, é dividida entre a produção de carvão vegetal e o consumo direto da lenha para produção de calor e energia (SANTOS et al., 2011).

O carvão vegetal terá suas propriedades estabelecidas de acordo com sua matéria prima de origem e a qualidade da mesma, as propriedades do material serão determinadas por análises como a AQI (Análise Química Imediata) e poder calorífico, que determina a quantidade de energia liberada durante o processo de combustão (OLIVEIRA et al., 2010).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi produzir e caracterizar o carvão de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze com o intuito de utilizar os resíduos gerados na na colheita e na indústria madeireira como fonte de energia.

Material e Métodos

Localização e características da região de coleta da madeira

Para o presente estudo, foram utilizados resíduos de quatro árvores de araucária abatidas com 39 anos de idade, provenientes de um talhão de 30 ha de um plantio seminal comercial da empresa Palmasola S/A. A área localiza-se no Município de Palma Sola, Santa Catarina.

Amostragem

De cada árvore foram coletadas amostras da base, do DAP e a 75% de altura. Foram confeccionados dez corpos de prova de cada posição com dimensões aproximadas de 2,5 x 2,5 x 5,0 cm, totalizando 15 corpos de prova por árvore e 60 corpos de prova no total, os quais foram demarcados com o número da árvore de proveniência e a posição de origem.

Massa específica básica da madeira

A massa específica básica da madeira foi determinada pelo método da balança hidrostática, baseado-se na norma ASTM D-2395 da American Society for Testing and Materials (ASTM) (2005) .

Produção e caracterização física do carvão vegetal

Após a determinação da massa específica básica, as amostras secas foram destinadas à carbonização em um sistema de forno metálico adaptado para laboratório, onde a carbonização foi realizada com cinco corpos de prova por vez durante 30 minutos, alcançando temperatura interna de aproximadamente 500 ºC.

A determinação da massa específica aparente do carvão vegetal a qual foi determinada baseando-se na norma NBR 9156 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1985).

O rendimento gravimétrico foi calculado a partir da relação entre a massa seca de carvão e a massa seca de madeira obtidas por meio de pesagem em balança analítica.

Composição química imediata do carvão vegetal

O material foi triturado separadamente, acondicionado em cadinhos, pesado e colocado para secar em estufa a 100° C por 30 minutos. A composição química imediata foi realizada baseando-se nas normas ASTM D 1762-84 (ASTM, 2007) onde determinaram-se os percentuais de material volátil, carbono fixo e cinzas do carvão.

Poder calorífico do carvão vegetal

O poder calorífico do carvão, foi estimado de acordo com Vale et al. (2002).

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x3, considerando dois fatores: Árvore e Posição do disco. Primeiramente foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (W) e em seguida foi testada a homogeneidade das variâncias por meio da ANOVA para verificar a existência ou não de diferença entre os fatores. Após, utilizou-se o teste de Tukey para a comparação das médias.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios para massa específica básica da madeira (ME), densidade aparente do carvão (DA) e o rendimento gravimétrico do carvão (R%) para a espécie *Araucária angustifólia* e para as três posições avaliadas.

Tabela 1. Valores médios de interação de massa específica básica da madeira (DB); massa específica aparente do carvão (DA); rendimento gravimétrico do carvão (R%).

Parâmetros	Posições				
	Árvore	Base	DAP	75%	Média geral
Massa específica básica da madeira (g/cm³)	1	0,464 aA (0,01; 2,44)	0,444 aA (5,84)	0,443 aA (6,01)	0,401
	2	0,447 aA (0,03; 7,07)	0,401 bB (13,72)	0,338 bC (10,64)	
	3	0,440 aA (0,02; 5,10)	0,453 aA (5,85)	0,289 cB (6,65)	
	4	0,391 bA (0,02; 4,16)	0,364 cAB (11,82)	0,349 bB (7,46)	
Massa específica aparente do carvão (g.cm⁻³)	1	0,264 (0,04; 15,91)	0,260 (12,16)	0,230 (6,01)	0,228
	2	0,259 (17,72)	0,250 (10,88)	0,206 (15,89)	
	3	0,237 (0,03; 12,49)	0,217 (0,12)	0,193 (14,06)	
	4	0,232 (0,03; 11,35)	0,207 (11,36)	0,179 (17,46)	
Rendimento Gravimétrico do carvão (%)	1	36,165 aA (3,81; 10,53)	28,128 abB (5,83)	28,027 aB (3,80)	
	2	33,719 abA (4,45; 13,20)	9,106 abB (7,48)	27,749 aB (10,34)	

	3	29,380 cA (2,93; 9,98)	27,755 bA (7,08)	26,443 aA (5,50)	29,67
	4	32,330 bcA (3,51; 10,85)	31,123 aA (10,43)	26,095 aB (9,88)	

Médias seguidas pela mesma letra MAIÚSCULA na linha, e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%). Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação (%).

De modo geral houve um efeito decrescente nos valores de massa específica básica da madeira em relação a posição das amostras no sentido base/topo. Os valores médios encontrados no presente estudo variaram de 0,464 g.cm^{-3} a 0,289 g.cm^{-3}. Este valor foi próximo ao encontrado por Dias et al. (2017) ao estudar araucária com 39 anos, em que encontraram valor médio de 0,410 g.cm^{-3}.

De acordo com IBAMA (2015), que classifica as madeiras conforme suas densidades, sendo leves (<0,50 g.cm^{-3}) moderadas (0,51 a 0,72 g.cm^{-3}) e pesadas (>0,73 g.cm^{-3}). De acordo com esta classificação, a *Araucaria angustifolia* se enquadra na categoria de madeiras leves, sofrendo influência conforme sua posição no tronco e idade.

O resultado de densidade aparente do carvão de *Araucária angustifólia* foi inferior (0,228 g.cm^{-3}) ao encontrado por Santos et al. (2011) de 0,38 g.cm^{-3} para carvão de *Eucalyptus* que é o gênero mais utilizado para a produção de carvão vegetal.

O rendimento gravimétrico do carvão apresentou diferenças significativas entre as posições, isso pode ser explicado por sua relação direta com a densidade da madeira que tende a diminuir no sentido base/topo. O valor médio total foi de 29,67%, bem próximo ao encontrado por Mendoza et al. (2015), para carvão produzidos com madeira de árvores com 12 anos de idade de *Pinus tecunumanii*, que foi de 26,97%.

Segundo Santos et al. (2011), outro fator que contribui no rendimento e na heterogeneidade química do carvão são as características do processo de carbonização como a temperatura de aquecimento e a temperatura final da carbonização.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias para materiais voláteis (MV), carbono fixo (CF), teor de cinzas e poder calorífico (PC) para *Araucaria angustifolia* e para as respectivas posições estudadas.

Tabela 2. Valores médios de interação de material volátil (MV); carbono fixo (CF) e teor de cinzas (A) em (%) e Poder calorífico (PC) em (kcal kg^{-1}).

Parâmetros	**Àrvore**	**Posições**		
		Base	**DAP**	**50%**
Material volátil (%)	1	35,72 (5,79)	34,33 (5,74)	34,22 (6,52)
	2	35,29 (5,85)	35,46 (6,94)	35,13 (5,15)
	3	35,14 (5,36)	34,83 (6,27)	34,39 (5,36)
	4	34,41 (6,50)	35,31 (6,30)	31,91 (7,81)
Carbono fixo (%)	1	63,17 (3,78)	64,96 (3,06)	64,69 (3,32)
	2	64,05	63,93	64,18

		(3,39)	(4,01)	(2,83)
	3	64,23	64,51	64,84
		(2,79)	(3,62)	(2,84)
	4	64,72	63,97	67,17
		(3,45)	(3,61)	(3,77)
Teor de cinzas (%)	1	0,76	0,80	0,74
		(15,81	(14,17)	(15,50)
	2	0,79	0,74	0,81
		(21,29)	(8,97)	(18,21)
	3	0,72	0,70	0,76
		(13,65)	(15,99)	(21,39)
	4	0,91	0,79	0,93
		(18,14)	(18,30)	(16,29)
Poder calorífico (Kcal.Kg^{-1}	1	6888,38	6849,94	6574,58
		(3,84)	(8,03)	(4,73)
	2	6981,62	6856,02	6828,49
		(3,93)	(3,36)	(5,68)
	3	7036,98	6883,76	6862,88
		(2,19)	(3,74)	(4,06)
	4	7060,24	6956,45	6950,14
		(7,43)	(5,03)	(2,26)

Não foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey por que o F de interação não foi significativo. Valor entre parênteses corresponde ao coeficiente de variação (%), respectivamente.

As médias de materiais voláteis para o carvão de *Araucaria angustifolia* variaram de 31,91% a 35,72%. Santos et al. (2011), obtiveram para clones de *Eucalyptus,* valores variando entre 11,74% e 14,27% valores inferiores ao observado neste estudo. As espécies usadas para comparação são as mais utilizadas para produção de carvão vegetal.

O teor de matérias voláteis para a espécie *Araucaria angustifolia* e para as posições avaliadas não está de acordo com a Resolução SAA-40, de 14 dezembro de 2015, a mesma determina que para o carvão ser de qualidade deve apresentar teor de materiais voláteis inferior a 23% (RESOLUÇÃO SAA 40, 2015).

Os índices de carbono fixo são inversamente proporcionais ao teor de voláteis (Oliveira et al., 2010). Mendoza et al. (2015), observaram valor médio de 66,64% para carbono fixo para o carvão de *Pinus*, próximos aos encontrados nesse estudo.

Os teores de carbono fixo neste estudo apresentaram-se inferiores a 73% para a espécie e as posições avaliadas, ou seja, não estão de acordo com o recomendado pela Resolução SAA-40, de 14 dezembro de 2015, onde o teor de carbono fixo (CF) deve ser maior que 73% (RESOLUÇÃO SAA 40, 2015).

A *Araucaria angustifolia* apresentou teor de cinzas de 0,70% a 0,93%, valores considerados maiores quando comparados com os encontrados por Mendoza et al. (2015) para carvão de *Pinus* que foi de 0,49%. Os teores de cinzas neste estudo estão dentro do indicado pela Resolução SAA-40, de 14 dezembro de 2015, que infere padrões mínimos. Para que o carvão produzido adquira este selo o teor de cinzas (TC) devem ser menor que 1,50% (RESOLUÇÃO SAA 40, 2015).

O poder calorífico da *Araucaria angustifolia* variou de 6.574,58 kcal kg^{-1} a 7.036,98 kcal kg^{-1}. Os valores encontrados em clones de *Eucalyptus* por Santos et al. (2011) (8.210 a 8.515 kcal/kg kcal kg^{-1}) são superiores aos encontrados no presente estudo. O poder

calorífico do carvão de *Araucaria angustifólia* foi considerado baixo quando comparado com as espécies do gênero *Eucalyptus,* isto pode ter ocorrido pelo fato do teor de carbono fixo ter sido baixo e o teor de matérias voláteis apresentou-se alto neste estudo. O teor de carbono fixo, juntamente com o teor de materiais voláteis, são as principais características que determinam o poder calorífico (OLIVEIRA et al., 2010).

Conclusões

A madeira de *Araucaria angustifolia* possui massa específica básica média, que a coloca na categoria de madeira leve, sofrendo influência da posição do tronco e da idade. O rendimento gravimétrico do carvão apresentou-se abaixo de valores encontrados na literatura para *Eucalyptus* sp., pois foi afetado pelo processo de carbonização.

O carvão produzido com a madeira da *Araucaria angustifolia* apresentou teor de voláteis e de carbono fixo com valores não recomendados para a produção de carvão de qualidade. Os teores cinza apresentaram-se dentro do aceitável para produção de carvão. O poder calorífico superior apresentou valor baixo do recomendado para o carvão de qualidade.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112 - Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1985.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-2395: Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials. Philadelphia, p.8, 2005

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. ASTM D 1762-84: Standard method for chemical analyses of wood charcoal. Philadelphia: ASTM International, p.2, 2007

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. (2005) *Banco de dados de madeiras brasileiras*. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/ipf/madeiras/resultado. Acesso em: 24/04/2019.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (2013). Livro vermelho da flora do Brasil. *CNCFLORA* (centro nacional de conservação da flora). CIP, Brasil, 1100 p.

MENDOZA, P. H. B. et al. (2015) Potencial energético da madeira de *Pinus tecunumanii Eguiluz & Perry. Multitemas*.

OLIVEIRA, A. C. et al. (2010). Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439.

RESOLUÇÃO SAA, 40. Norma de Padrões Mínimos de Qualidade para Carvão Vegetal. Estado de São Paulo. Dezembro de 2015.

ROSA, T. S. HILLIG, É.; VIANA, L. C. (2013). Propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze e sua relação com os anéis de crescimento. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v.4, n.1, p. 01-14.

SANTOS, R. C. et al. (2011). Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.39, n.90, p. 221-230.

VALE, A. T. et al. (2002). Estimativa do poder calorífico superior do carvão vegetal de madeiras de Eucalyptus grandis em função do Teor de Carbono Fixo e do Teor de Material Volátil. *Revista Brasil Florestal*, Brasília, v. 21, n. 73, p. 47-52.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA ELEMENTAR DA BIOMASSA DE TOCOS E RAÍZES DE DOIS CLONES DE *Eucalyptus* spp.

Alexandre Bertolotti Parmeggiani Prosdocini[1], Fabiana Prieto Castanho[2], Natália Laís Felisardo Vieira Arruda[1], Elaine Cristina Leonello[1], Saulo Philipe Sebastião Guerra[3]

[1] *aluno (a) de Pós-Graduação – Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP*

[2] *aluno (a) de Graduação – Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP*

[3] *Professor no Depto. Economia, Sociologia e Tecnologia – FCA/UNESP e Coordenador do LABB (Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia – IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia)*

Resumo

O trabalho objetivou a caracterização dos elementos químicos carbono, oxigênio, nitrogênio, enxofre e cloro, e cinzas, presentes na biomassa dos tocos e raízes de dois clones de eucalipto o AEC 0144 e AEC 0224, com 6,3 e 6,0 anos de idade, respectivamente, provenientes de florestas comerciais de primeira e segunda rotação. O espaçamento de plantio foi de 3 x 3 m, localizado no município de Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram utilizados oito tratamentos, sendo quatro tocos e raízes de cada clone, de primeira e segunda rotação, as amostras foram preparadas seguindo a NBR 14660 (ABNT, 2010). Os resultados mostraram que os elementos C, H e O não apresentaram efeito das variáveis clone e rotação analisadas, os teores de N, S, Cl e cinzas apresentaram influência da interação entre os fatores clone e rotação na análise de variância. Os resultados das variáveis analisadas mostraram que a biomassa dos tocos e raízes dos clones AEC 0144 e AEC 0224 apresentam potencial para conversão energética.

Palavras-chave. Bioenergia. Potencial energético. Resíduo florestal. Aproveitamento energético.

Introdução

A biomassa florestal para energia deve ser manejada em função de variáveis que proporcionem a maior produção possível, no qual, questões como o material genético adequado, controle da densidade do plantio (modelo clássico ou plantios adensados) devem ser considerados. O gênero *Eucalyptus* é considerado uma das melhores opções para energia, pois, possui grande número de espécies, fato que proporciona várias possibilidades de uso, bem como, boas produtividade e qualidade da madeira (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

As atividades relacionadas às florestas no Brasil possuem relevância social, econômica e ambiental, ou seja, possuem o caráter conceitual de sustentabilidade. Por essa razão, e frente aos desafios relativos à mitigação das mudanças climáticas, o setor de florestas plantadas tem potencial para consolidar uma economia de baixo carbono devido à capacidade que as florestas possuem de fixar carbono atmosférico na biomassa (IBÁ, 2017).

A utilização de biomassa lenhosa (galhos, caule, toco e raízes) de florestas plantadas, com foco no aproveitamento energético possui o potencial de geração de 4.438 GWh, considerando os estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (MME, 2018).

Em vários países, os tocos e as raízes residuais de plantios florestais são fontes bioenergéticas subutilizadas (ORTIZ et al., 2016), o que representa, para o caso do Brasil, que é um *player* do setor florestal mundial, um cenário potencial para o desenvolvimento do setor energético baseado em biomassa florestal.

Para utilizar a biomassa como fonte de energia é importante avaliar alguns aspectos, como os teores químicos elementares de carbono, hidrogênio, oxigênio, além de nitrogênio, enxofre e cloro. Esses elementos químicos são importantes para a avaliação energética da biomassa, uma vez que influenciam seu desempenho energético (DEMIRBAS, 2006; BRAND, 2010; YIN, 2011; CHOI; SUDIARTO; RENGGAMAN, 2014; VELÁZQUEZ-MARTÍ et al., 2014).

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar por intermédio da determinação da concentração ou teor dos elementos químicos carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e cloro presentes na biomassa de tocos e raízes dos clones AEC 0144 e AEC 0224 de eucalipto, provenientes de resíduos de florestas comerciais de primeira e segunda rotação.

Material e Métodos

Os tocos e raízes foram coletados de florestas plantadas de eucalipto dos clones AEC 0144 (*Eucalyptus urophylla*) com 6,3 anos de idade e AEC 0224 (*Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*) com 6,0 anos de idade de plantio com espaçamento de 3 × 3 m (1.111 árvores ha^{-1}), localizadas no município de Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, Brasil. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima local é tropical do tipo Aw com estação seca de inverno. A temperatura média anual do município é de 21,6 °C e a pluviosidade é de 1.230 mm anuais.

Quatro tocos e raízes para cada clone para cada condição de manejo (primeira e segunda rotações) – totalizando oito tratamentos, foram arrancados com uma pá-carregadora. A biomassa coletada foi encaminhada para o Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia / IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia) da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA)/UNESP-Botucatu/SP, onde as amostras foram preparadas segundo a NBR 14660 (ABNT, 2010). As análises elementares de carbono, hidrogênio e nitrogênio foram realizadas segundo Método Pregl-Dumas, o enxofre, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e o oxigênio calculado pela diferença de 100 %, conforme a Equação 1. O cloro foi determinado por espectrofotometria de íons.

$$O = 100 - C - H - N - S - cz \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

O = teor de oxigênio (%)

C = teor de carbono (%)

H = teor de hidrogênio (%)

N = teor de nitrogênio (%)

S = teor de enxofre (%)

cz = teor de cinzas (%)

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a normalidade de seus resíduos foi testada. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5 % de significância, quando pertinente. As análises estatísticas foram executadas no programa computacional estatístico livre R (R CORE TEAM, 2018).

Resultados e discussão

A densidade básica da biomassa dos tocos e raízes coletadas para cada clone em cada rotação está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Densidade básica média da madeira dos tocos e raízes dos clones AEC 0144 e AEC 0224 de *Eucalyptus* spp. em duas rotações

Clone	Rotação	Densidade básica (kg m^{-3})
AEC 0144	1ª	412
	2ª	459
AEC 0224	1ª	444
	2ª	438

Os valores de densidade da madeira dos resíduos analisados estão próximos aos valores obtidos por Soares et al. (2015) para a madeira de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* entre 3 e 5 anos de idade (370 e 440 kg m^{-3}, respectivamente).

Os elementos C (carbono), H (hidrogênio) e O (oxigênio) não apresentaram efeito das variáveis analisadas, resultando nos valores médios (seguidos do desvio padrão) de 48,4 % ± 0,498 %, 5,5 % ± 0,064 % e 44,9 % ± 0,429 %, respectivamente.

O teor de carbono elementar obtido à partir da biomassa dos tocos e raízes apresentou maiores valores que a madeira de *E grandis* x *E. urophylla* entre 3 e 7 anos de idade (43,97 % a 45,60 % respectivamente) (SOARES et al., 2015).

Yin (2011) reportou uma equação determinando o poder calorífico superior utilizando como variáveis o teor de carbono e hidrogênio de diferentes biomassas de diferentes regiões geográficas. Os resultados obtidos indicaram erro absoluto da média menor que 5 %, indicando a significativa relação entre esses elementos e o poder calorífico, que é uma das propriedades mais importantes no quesito energético.

O elemento oxigênio analisado nesta pesquisa revelou teor médio menor quando comparado ao de madeira de *E grandis* x *E. urophylla* entre 3 e 7 anos de idade (49,22 % a 47,75 % respectivamente) (SOARES et al., 2015).

Os teores de nitrogênio (N), enxofre (S), cloro (Cl) e cinzas (cz) apresentaram influência da interação entre os fatores clone e rotação na análise de variância, tendo seus valores médios (acompanhados do desvio padrão) e resultado do teste de comparação de médias (Tukey, 5 % de significância) apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média e erro padrão da média (entre parênteses) do teor de nitrogênio (N), enxofre (S), cloro (Cl) e cinzas (cz) dos clones AEC 0144 e AEC 0224 em primeira e segunda rotação

		Clone			
Elemento	**Rotação**	**AEC 0144**		**AEC 0224**	
Nitrogênio (%)	1ª rotação	0,19 (0,007)	Ab *	0,20 (0,012)	Aa
	2ª rotação	0,27 (0,012)	Aa	0,18 (0,012)	Ba
Enxofre (%)	1ª rotação	0,060 (0,0006)	Ab	0,061 (0,0011)	Aa
	2ª rotação	0,062 (0,0007)	Aa	0,061 (0,0005)	Aa
Cloro (%)	1ª rotação	0,12 0,021	Aa	0,09 0,010	Ab
	2ª rotação	0,13 0,050	Aa	0,18 0,040	Aa
Cinzas (%)	1ª rotação	0,51 0,036	Ab	0,52 0,036	Ab
	2ª rotação	1,44 0,079	Aa	0,78 0,068	Ba

*letras maiúsculas comparam os clones - nas linhas; letras minúsculas comparam rotações - nas colunas. Letras diferentes indicam médias que diferem estatisticamente a 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Os teores de nitrogênio e cinzas foram menores na segunda rotação em comparação à primeira rotação da madeira dos tocos e raízes do clone AEC 0224. As demais análises não revelaram diferença estatística significativa entre as biomassas de primeira e segunda rotação.

Os teores de nitrogênio e enxofre foram menores no clone AEC 0144 na primeira rotação, quando comparados à biomassa da primeira rotação do clone AEC 0224. Fato também observado pelo teor de cloro, porém na segunda rotação, onde o clone AEC 0144 revelou valor significativamente menor que o clone AEC 0224.

O teor de cloro médio, em todas as situações analisadas de clone e rotação indicam potencial para a produção de pellets, estando dentro do aceitável (≤ 0,3 %) para as normas internacionais EN14961-1 e USA PFI Standard.

Já o teor de cinzas foi significativamente menor no clone AEC 0144 em abas rotações analisadas.

O teor de cinzas médio variou entre 0,51 e 1,44 %, valores 65 e 365 %, respectivamente, maiores o valor médio apontado por Soares et al. (2015) para a madeira de *E. grandis* x *E. urophylla* de 5 anos de idade (0,31 %).

Conclusões

A biomassa dos tocos e raízes de *Eucalyptus* spp., especificamente dos clones comerciais AEC 0144 e AEC 0224 apresentam teores químicos elementares médios de carbono igual a 48,4 % e de hidrogênio igual a 5,5 %.

Os teores médios elementares encontram-se próximos aos valores observados para diferentes biomassas com potencial energético, podendo a biomassa dos tocos e raízes ser passível de ser utilizado na conversão energética.

O teor de cinzas da biomassa dos tocos e raízes é significativamente maior que o da madeira de *Eucalyptus* spp., gerando maior quantidade de resíduo pós combustão quando comparado à madeira de eucalipto.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Âmbar Energia – P&D ANEEL e ao Instituto de Pesquisa em Bioenergia – IPBEN.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14660*: Madeira – Amostragem e preparação para análise, 2010.

BRAND, M. A. *Energia de biomassa florestal*. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

CHOI, H. L.; SUDIARTO, S. I. A.; RENGGAMAN, A. Prediction of livestock manure and mixture higher heating value based on fundamental analysis. *Fuel*, v. 116, p. 772–780, 2014.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. *Biomassa para energia*. Campinas: Unicamp, 2008.

DEMIRBAS, A. Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. *Energy Conversion and Management*, v. 47, n. 15–16, p. 2271–2282, 2006.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. *Relatório 2017*. Brasília, DF. 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Potencial Energético de Resíduos Florestais do Manejo Sustentável e de Resíduos da Industrialização da Madeira*. Brasília. 64 p. 2018.

ORTIZ, C. A.; HAMMAR, T.; AHLGREN, S.; HANSSON, P. A.; STENDAHL, J. Time-dependent global warming impact of tree stump bioenergy in Sweden. *Forest Ecology and Management*, v. 371, p. 5–14, 2016.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computingVienna, Austria, 2018.

SOARES, V. C. et al. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. *Cerne*, v. 21, n. 2, p. 191–197, 2015.

VELÁZQUEZ-MARTÍ, B.; SAJDAK, M.; LÓPEZ-CORTÉS, I.; CALLEJÓN-FERRE, A. J. Wood characterization for energy application proceeding from pruning *Morus alba* L., *Platanus hispanica* Münchh. and *Sophora japonica* L. in urban areas. *Renewable Energy*, v. 62, p. 478–483, 2014.

YIN, C. Y. Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses. *Fuel*, v. 90, n. 3, p. 1128–1132, 2011.

COMPARAÇÃO DE METODOLOGIA DE SECAGEM DE DIFERENTES BIOMASSAS

Julia Amaro Gea[1], Elaine Cristina Leonello[2], Welks Soares da Silva[3], Saulo Philipe Sebastião Guerra[4]

[1] *Graduanda em Engenharia Florestal - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil1, juamaro122@gmail.com*

[2] *Pós-Graduanda em Agronomia – Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP*

[3] *Graduando em Engenharia Florestal - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP*

[4] *Professor no Depto. Economia, Sociologia e Tecnologia – FCA/UNESP e Coordenador do LABB (Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia – IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia)*

Resumo

A determinação da umidade de uma biomassa é uma das principais e primeiras determinações necessárias para classificação da biomassa, principalmente no quesito energético. Diferentes metodologias vêm sendo executadas a fim de se determinar a umidade e, nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi comparar metodologias de secagem (secagem em estufa a 65 °C e a 105 °C). Foram analisadas quatro diferentes biomassas, com teores variados de umidade: (1) bagaço de cana-de-açúcar, (2) casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto, (3) folhas e galhos finos de eucalipto e (4) disco de madeira de teca. Observou-se, de forma geral, que ambas temperaturas podem ser empregadas para a determinação da umidade de bagaço de cana-de-açúcar, casca e folha e galhos finos, desde que observada a condição de massa constante, que ocorre mais rapidamente na secagem a 105 °C do que a 65 °C. A madeira de teca apresentou umidade diferente para cada temperatura, portanto é recomendado a utilização da temperatura de 105 °C para tal finalidade.

Palavras-chave. Umidade. Bioenergia. Teor de água. Eucalipto. Biomassa residual.

Introdução

Secagem pode ser definida como a retirada de um soluto de outro material, seja ele sólido ou líquido, geralmente através da evaporação (OI, 2011), sendo um processo essencial na utilização da biomassa para queima/combustão, visto que ela dificilmente pode ser utilizada em sua forma natural, ou seja, com teores elevados de umidade (MME, 2008).

A secagem natural é o procedimento menos oneroso energeticamente e o mais utilizado comercialmente, principalmente por pequenos empreendimentos. No entanto, para análises laboratoriais a secagem é executada de forma artificial, com utilização de estufas e temperaturas mais elevadas em relação à temperatura ambiente a fim de ocorrer a total evaporação da água presente na biomassa (EMBRAPA, 2010).

Para a escolha do método de secagem é desejável conhecer a composição química do material utilizado, principalmente na seleção da temperatura, visto que alguns compostos orgânicos voláteis podem ser perdidos quando determinadas temperaturas são atingidas, e/ou pela exposição prolongada a uma mesma temperatura, comprometendo assim os resultados obtidos (SAMUELSSON; BURVALL; JIRJIS, 2006).

O objetivo principal do presente trabalho foi comparação da umidade de quatro biomassas diferentes determinada por diferentes metodologias de secagem (secagem em estufa a 65 °C e a 105 °C). Complementarmente, foi identificado o tempo para secagem em cada metodologia adotada e o comportamento das biomassas em contínua exposição à temperatura selecionada pelo período de 14 dias.

Material e Métodos

Foram selecionadas quatro diferentes biomassas, com teores variados de umidade, sendo elas: (1) bagaço de cana-de-açúcar recém moído da região de Barra Bonita – SP; (2) casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto triturados; (3) folhas e galhos finos de eucalipto recém coletados; e (4) disco de madeira de teca armazenada por seis meses em ambiente coberto.

De cada biomassa foram retiradas seis amostras, sendo três encaminhadas para cada uma das duas metodologias de secagem. As amostras foram colocadas em embalagem de papel de massa conhecida, identificadas e pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01 g marca BEL modelo S4202. Uma parte das amostras foi levada para estufa com ventilação forçada de ar a 65 °C ± 2 °C e a outra parte para uma estufa com ventilação forçada de ar a 105 °C ± 3 °C e a cada 24 h foi realizada a pesagem de todas as amostras na mesma balança pelo período total de 14 dias. As análises foram realizadas no Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia | IPBEN/FCA – UNESP.

De acordo com diferentes normas que tratam da determinação da umidade, o procedimento de secagem deve ser mantido até que a massa se torne constante. Foi definido, para tanto, que a variação máxima de massa, em duas pesagens consecutivas, não excedesse, em módulo, o valor de 0,5 %. Portanto, quando a variação de massa foi menor que 0,5 %, em duas pesagens consecutivas, considerou-se que a biomassa estava seca.

Os dados coletados foram tabelados em planilha eletrônica para análise gráfica e a análise estatística foi realizada utilizando-se o software estatístico R, procedendo-se a análise de variância (ANAVA) para testar a hipótese de médias estatisticamente iguais entre as duas metodologias de secagem adotadas, para cada biomassa.

Resultados e discussão

A massa de cada amostra mensurada no momento do início da coleta de dados (massa úmida), bem como a massa final (após estabilização da massa nas condições de cada análise) e os resultados da determinação da umidade, base seca e base úmida, seguem na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios (desvio padrão entre parênteses) da massa úmida, massa seca, umidade base seca (Ubs) e umidade base úmida (Ubu) para as biomassas B (bagaço de cana-de-açúcar, C (casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto), FG (folhas e galhos finos de eucalipto e T (disco de madeira de teca).

Biomassa	massa úmida (g)		massa seca (g)		Ubu (%)*		Ubs (%)*	
	65 °C	105 °C	65 °C	105 °C	65 °C	105 °C	65 °C	105 °C
B	9,44	13,89	4,78	6,94	49,1 a (2,8)	50,1 a (0,2)	96,7 a (10,6)	100,4 a (0,7)
C	26,07	25,99	15,44	15,08	40,7 a (0,7)	41,8 a (2,1)	68,8 a (1,9)	71,9 a (6,0)
FG	14,26	15,14	6,52	6,66	54,5 a (4,6)	55,6 a (2,6)	121,3 a (23,9)	125,9 a (13,1)
T	87,97	82,05	79,17	71,19	10,1 b (0,3)	13,2 a (0,3)	11,2 b (0,3)	15,2 a (0,3)

*As umidades médias da biomassa determinadas à 65 °C e à 105 °C foram comparadas, individualmente para base seca e base úmida. Letras iguais na linha não diferem estatisticamente considerando-se 5 % de significância.

As umidades determinadas por ambas metodologias apresentam valores estatisticamente iguais para as biomassas de bagaço de cana-de-açúcar (B), resíduo de descascamento industrial de eucalipto (C) e folhas e galhos finos de eucalipto (FG). Para a madeira de teca, a temperatura de 65 °C não resultou no mesmo valor de umidade quando comparada à análise realizada à temperatura de 105 °C. Fato também observado por Samuelsson, Burvall e Jirjis (2006), que identificaram que duas temperaturas diferentes de secagem (80 °C e 105 °C) podem tanto levar a determinação de valores iguais como diferentes de umidade, dependendo da biomassa analisada.

A Tabela 2 apresenta os tempos de estabilização da massa das biomassas analisadas, sendo que a biomassa de bagaço de cana-de-açúcar e madeira de teca apresentaram estabilização da massa com menos tempo de residência na estufa a 105 °C em comparação à estufa a 65 °C. A biomassa de casca e resíduos de descascamento industrial não apresentou diferença em relação ao tempo de residência da biomassa na estabilização da massa, tanto na estufa a 65 °C quanto a 105 °C. Já a biomassa de folhas e galhos de eucalipto necessitou de mais tempo de residência na estufa a 105 °C em relação à estufa a 65 °C para atingir massa constante.

Tabela 2. Tempo médio de residência da biomassa em estufa de circulação forçada de ar até atingir massa constante.

Biomassa*	**Tempo de residência na estufa até atingir massa constante (dias)**	
	65 °C	105 °C
B	5	2
C	2	2
FG	2	3
T	4	2

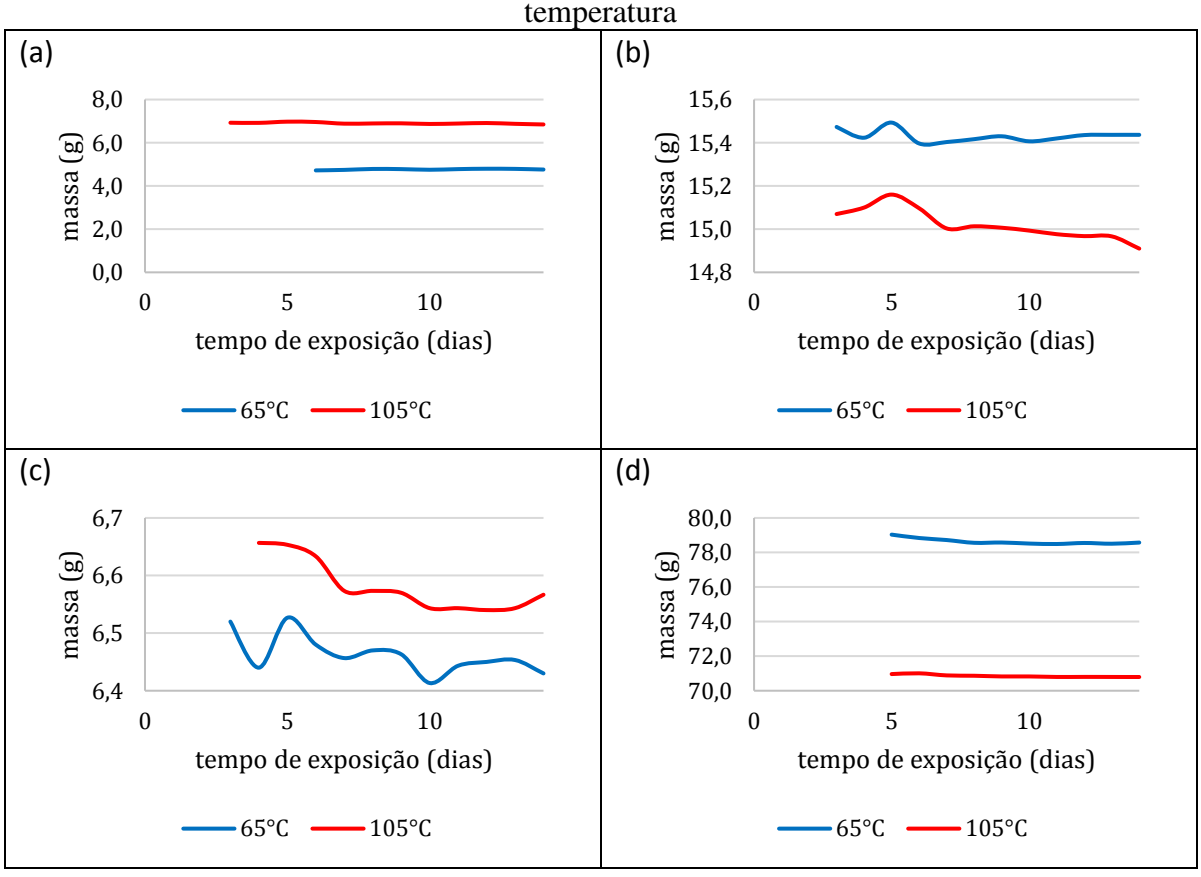
*B = bagaço de cana-de-açúcar;
C = casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto;
FG = folhas e galhos finos de eucalipto;

T = disco de madeira de teca.

A estabilização da massa, considerada quando houve variação de massa menor que 0,5 %, no caso de amostras com pouco material (baixa massa), como no caso das biomassas B e FG, principalmente, pode ter sofrido influência muito significativa de variações ou erros de leitura do equipamento ou até mesmo do comportamento da embalagem ao longo da secagem, que pode ser distinto da biomassa.

A Figura 1 apresenta o comportamento das biomassas ao longo da exposição às duas diferentes temperaturas, excluindo-se o período considerado para determinação da umidade.

Figura 1. Acompanhamento da massa da biomassa de: (a) bagaço de cana-de-açúcar; (b) casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto; (c) folha e galhos finos de eucalipto; e (d) madeira de teca - desde o momento da estabilização da massa para determinação da umidade até 14 dias de residência em estufa em duas condições de temperatura



Fonte: Os autores.

As regressões, segundo análise de variância, indicam não haver coeficiente angular na tendência da massa de qualquer das biomassas analisadas nas duas condições de temperatura, indicando não haver perda significativa de massa com a exposição ou residência prolongada dessas biomassas à 65 °C ou 105 °C por até 14 dias.

No entanto, visualmente pôde-se observar diferença de coloração das biomassas expostas às duas temperaturas testadas, conforme indicado na Figura 2, podendo indicar alguma variação nos compostos químicos imediatos, estruturais ou elementares da biomassa, sendo essa avaliação direcionada para futuros projetos do grupo de estudos do Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia | IPBEN/FCA – UNESP.

Figura 2. Imagem das biomassas de: bagaço de cana-de-açúcar (a) à 65 °C e (b) à 105 °C; casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto (c) à 65 °C e (d) à 105 °C; folha e galhos finos de eucalipto (e) à 65 °C e (f) à 105 °C; e madeira de teca (g) à 65 °C e (h) à 105 °C

Fonte: Os autores.

Conclusões

A metodologia de secagem utilizando a temperatura tanto de 65 °C quanto de 105 °C resultam em mesmo valor de umidade para a biomassa de bagaço de cana-de-açúcar, casca e resíduo de descascamento industrial de eucalipto e folhas e galhos finos de eucalipto. Ambas metodologias podem ser empregadas para essa finalidade, desde que observada a condição de massa constante, que ocorre mais rapidamente na secagem a 105 °C do que a 65 °C.

A madeira de teca apresentou umidade diferente para cada temperatura considerada, sendo, portanto, recomendado a utilização da temperatura de 105 °C, conforme preconizado pelas normas mundiais para secagem de madeira.

No geral, a metodologia de secagem a 65 °C apresenta maior tempo de residência da biomassa na estufa até atingir massa constante a fim de se determinar a umidade, quando comparada à metodologia de secagem a 105 °C.

Referências Bibliográficas

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. (2010) *Documentos 236*: Procedimentos para análise lignocelulósica. Campina Grande. 58 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883400/1/DOC236.pdf. Acesso em: 25/04/2019.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. (2008) *Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida*: Soluções energéticas para a Amazônia. Brasília. 194 p. Disponível em: https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Biomassa.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2019.

OI, R. K. *Secagem da biomassa de banana verde em spray dryer*. 2011. 68 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266855. Acesso em: 25/04/2019.

SAMUELSSON, R.; BURVALL, J.; JIRJIS, R. (2006) Comparison of different methods for the determination of moisture content in biomass. *Biomass and Bioenergy*. v. 30, n. 11, pp. 929–934. Disponível em: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063222689. Acesso em: 25/04/2019.

CRESCIMENTO INICIAL DE UM POVOAMENTO CLONAL DE *Corymbia* INOCULADO COM FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS

Joycinara Pereira de Matos[1], Andrezza Mara Martins Gandini[2], Paulo Henrique Grazziotti[2], Elizzandra Marta Martins Gandini[2], Roberta de Vasconcelos Ramires[2]

[1]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, *Diamantina, Minas Gerais* (*joycinara31@gmail.com*)

[2]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, *Diamantina, Minas Gerais*

Resumo

Os benefícios da colonização ectomicorrízica são dependentes do clone e do isolado fúngico. Assim, torna-se necessário testar a eficiência dos isolados fúngicos em promover o crescimento das plantas na instalação de povoamentos florestais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar se a seleção de clones de Corymbia no campo é dependente das condições de inoculação ou não por fungos ectomicorrízicos (FEM) em viveiro e do tipo de fertilizante fosfatado utilizado no campo. O estudo foi conduzido na área da Aperam BioEnergia localizado no município de Itamarandiba – MG. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados e os tratamentos, dispostos em esquema fatorial 7 x 3, sendo: seis clones de híbridos de C. citriodora x C. torelliana (C1, C2, C5, C6, C7 e C10) e um clone de híbridos de C. torelliana x C. citriodora (C8) e três modelos de seleção, Comercial, Inoculado e Controle. A parcela experimental foi composta por uma árvore, cada tratamento tem 20 repetições. A altura das plantas e o diâmetro foram avaliados aos dois meses após o plantio. A inoculação de FEM em mudas de Corymbia em viveiro promove o crescimento das plantas no campo, mas este resultado é dependente do clone e da adubação fosfatada.

Palavras-chave. Plantio comercial. Plantas colonizadas. Adubação fosfatada. Nutrição de plantas.

Introdução

O setor florestal vem aumentando a sua participação no ramo energético. A biomassa de base florestal é utilizada tanto na produção de ferro-gusa, de ferro-ligas e de aço, como também em outras atividades produtivas, que, por sua vez, faz com que novos plantios florestais sejam conduzidos para este fim (IBA, 2017).

Os clones de *Eucalyptus* e *Corymbia* se destacam para o fornecimento de biomassa florestal em razão do seu rápido crescimento, alta massa energética, tolerância a condições extremas, e possibilidade de adensamento dos plantios (LOPES et al., 2017).

A importância dos fungos ectomicorrízicos (FEM) para o crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus* está bem documentada. A inoculação micorrízica promove o incremento em altura, diâmetro do coleto e absorção de N, P e K (ALVES et al., 2001; GANDINI et al., 2015; SOUZA et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar se a seleção de clones de *Corymbia* no campo é dependente das condições de inoculação ou não por FEM em viveiro e do tipo de fertilizante fosfatado utilizado no campo.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área da Aperam BioEnergia localizado no município de Itamarandiba – MG, localizado nas coordenadas geográficas 17º47'14" S de latitude e 42º46'37" W de longitude, com altitude de 910 m. A temperatura média anual do município é de 20,1 °C com precipitação média anual é de 1081,1 mm (INMET, 2018). O clima é classificado como tropical de altitude - *Cwa* (KÖPPEN, 1918).

O solo foi classificado como latossolo vermelho-amarelo órtico típico (Embrapa, 2006), já cultivado previamente com eucalipto e com restos vegetais do plantio anterior.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados e os tratamentos, dispostos em esquema fatorial 7 x 3, sendo: seis clones de híbridos de *C. citriodora* (Hook) K. D. Hill e L. A. S. Johnson (1995) x *C. torelliana* (F. Muell.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson (1995). (C1, C2, C5, C6, C7 e C10) e um clone de híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora* (C8) e três modelos de seleção, Comercial, Inoculado e Controle.

No modelo de seleção Comercial no viveiro as mudas não foram inoculadas e receberam a adubação fosfatada de rotina da Aperam BioEnergia tanto no viveiro (36 mg P) quanto no plantio (29,5 mg P planta^{-1}). No modelo de seleção Inoculado, as mudas receberam 18 esferas de gel de alginato contendo a mistura de micélio vegetativo dos isolados D5, D17, C9C e C16 de *Pisolithus* sp. e foram crescidas em substrato com redução da adubação fosfatada (2 mg de P), a adubação fosfatada de plantio foi com fosfato natural reativo (29,5 g P planta^{-1}) e as fontes de N e K aplicadas no plantio foi de 15N-00P-30K de liberação lenta. O Controle foi semelhante ao Inoculado, porém as esferas de gel de alginato de cálcio adicionadas na etapa de produção das mudas não continham o micélio fúngico.

A parcela experimental foi composta por uma árvore, *single tree plot* (STP) e cada tratamento continha 20 repetições. A idade das mudas levadas para o campo foi de 210 dias. A altura e o diâmetro ao nível do solo foram medidos aos dois meses após o plantio. Os dados de sobrevivência, altura e diâmetro ao nível do solo foram analisados quanto à distribuição (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (Teste de Cochran e Bartlett). Em seguida esses dados foram submetidos à análise de variância em conjunto para os três modelos de seleção e quando significativa, e as médias dos modelos de seleção foram comparadas pelo teste Scheffé ($p < 0,05$) e as médias dos clones foram comparadas pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$).

Resultados e discussão

A sobrevivência não foi influenciada pelos clones e modelos de seleção, sendo em média de 99 % e variou de 95 a 100 %. A taxa de 99 % de sobrevivência após o plantio é considerada alta, mas cabe ressaltar que as mudas levadas para campo eram de boa qualidade e o plantio das mudas foi em período chuvoso, além disso as mudas foram adubadas de acordo com o recomendado e após o plantio das mudas foi feito o controle de plantas invasoras com roçadeira. Existem relatos na literatura que mudas *Pinus* spp. inoculadas com FEM apresentaram maior sobrevivência do que aquelas não inoculadas (PARLADÉ et al., 2004; QUORESHI et al., 2008).

Aos dois meses, a altura e o diâmetro ao nível do solo foram influenciadas ($p < 0,05$) pelos modelos de seleção e este efeito foi dependente dos clones (Tabela 1). Em geral, o crescimento da maioria dos clones no modelo Inoculado foi igual ao Comercial e em diversos casos foi maior do que o Controle (Tabela 1). A não ocorrência de efeitos da utilização de mudas previamente inoculadas com FEM sobre o crescimento das plantas de *Corymbia* no campo em comparação com o Comercial, não é desvantajosa, visto que as plantas foram produzidas com redução da adubação fosfatada e receberam fontes de N, P e K de liberação lenta. A adubação fosfatada promove o crescimento inicial de plantas de *Eucalyptus*, sendo o P um dos nutrientes que limitam a produtividade em muitas regiões do planeta (XU et al., 2002).

Tabela 1. Altura da parte aérea, diâmetro ao nível do solode clones de híbridos de *Corymbia* inoculados com *Pisolithus* sp. e não inoculados (Controle e Comercial) em um viveiro comercial aos dois meses após o plantio.

Clone	Controle	Inoculado	Comercial	Média	Controle	Inoculado	Comercial	Média
	Altura, cm				Diâmetro ao nível do solo, mm			
C1	54,5 Aa	58,2 Ca	52,0 Ba	54,9	5,12 Ba	5,41 Ba	5,02 Ba	5,18
C2	51,7 Ba	54,6 Ca	52,1 Ba	52,8	5,81 Aa	6,23 Aa	5,64 Aa	5,90
C5	56,4 Aa	63,4 Ba	57,9 Aa	59,3	4,72 Ba	5,18 Ba	4,83 Ba	4,91
C6	60,7 Ab	70,4 Aa	63,9 Aa	65,1	5,72 Aa	6,36 Aa	5,84 Aa	5,98
C7	50,3 Ba	49,7 Ca	46,7 Ba	48,9	5,70 Aa	5,57 Ba	5,61 Aa	5,63
C8	44,2 Bb	54,0 Ca	53,7 Ba	50,8	4,74 Bb	6,04 Aa	5,67 Aa	5,50
C10	48,9 Ba	53,6 Ca	46,3 Ba	49,7	5,68 Aa	5,92 Aa	5,49 Aa	5,70
Média	52,4	57,7	53,2	54,5	5,36	5,81	5,44	5,54

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para clone e minúscula para condição não diferem entre si pelo teste Scott Knott e teste Duncan, respectivamente, a 5 % de probabilidade.

Aos dois meses as plantas da maioria dos clones do Controle possuíam altura igual ao do Comercial, exceto: C6 e C8 (Tabela 1). Em relação ao diâmetro ao nível do solo, a maioria dos clones foram semelhantes no Controle e no Comercial, exceto o clone C8 (Tabela 1).

Em geral, os clones foram diferentes entre si dentro de um mesmo modelo de seleção para altura e diâmetro ao nível do solo (Tabela 1).

Quanto à altura, o clone do modelo de seleção Inoculado com maior altura aos dois meses foi o C6, seguido do C5. No controle, os clones com maiores alturas foram os C1, C5 e C6 (Tabela 1). No Comercial, os melhores clones quanto à altura foram o C5 e C6 (Tabela 1).

A inoculação realizada no viveiro promoveu efeito no campo, uma vez que aos dois meses, a altura de todos os clones inoculados, exceto o clone C7, foi maior do que no Controle, já o diâmetro ao nível do solo dos clones C2, C5, C6, C8 e C10 Inoculado foi maior do que o do Controle (Tabela 1). Plantas que apresentam rápido crescimento em altura nos primeiros meses de idade possuem vantagens competitivas em relação à vegetação espontânea, uma vez que reduz a necessidade de capinas na área, diminuindo o custo de manutenção do plantio (QUEIROZ et al., 2009).

Conclusões

A inoculação de FEM em mudas de *Corymbia* em viveiro promove o crescimento das plantas no campo, mas este resultado é dependente do clone e da adubação fosfatada.

Agradecimentos

À Arcelor Mittal por possibilitar a instalação e condução do experimento no viveiro e no campo, à FAPEMIG pelas bolsas concedidas e por financiar o projeto, à UFVJM e ao Laboratório de Microbiologia do Solo pela estrutura fornecida para realização do trabalho.

Referências Bibliográficas

ALVES J. R.; SOUZA O.; PODLECH P. A. S.; GIACHINI A. J.; OLIVEIRA V. L. (2001) Efeito de inoculante ectomicorrízico produzido por fermentação semi-sólida no crescimento de *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V.36, N.2, pp. 307-313.

GANDINI, A. M. M.; GRAZZIOTTI, P. H.; ROSSI, M. J.; GRAZZIOTTI, C. F. S.; GANDINI, E. M. M.; SILVA, E. B.; RAGONEZI, C. (2015) Growth and nutrition of eucalypt rooted cuttings promoted by ectomycorrhizal fungi in commercial nurseries. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.39, N.6, pp. 1554-1565.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. (1995) Sistematic studies in Eucalyptus. *A revision of the bloodwoods, genus Corymbia (Myrtaceae)*, Telopea, V.6, N.2-3, pp. 173-505.

Indústria Brasileira de Árvores (2017). *Relatório Ibá*. São Paulo: IBA. 80 p.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2009). Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília: INMET. 465 p.

KÖPPEN W. (1918) Klassification der klimate nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, Gotha, V.64, N.5, pp. 193-203.

LOPES, E, D.; LAIA, M. L.; SANTOS, A. S.; SOARES, G. M.; LEITE, R. W. P.; MARTINS, N. S. (2017) Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de Corymbia e Eucalyptus. *Floresta*, Curitiba, V.47, N.1, pp. 95-104.

PARLADÉ, J.; LUQUE, J.; PERA, J.; RICÓN, A. M. (2004) Field performance of Pinus pinea and P. halepensis seedlings inoculated with Rhizopogon spp. and outplanted in formerly arable land. *Annals Forest Science*, Les Ulis, V.61, N.6, pp. 507-514.

QUEIROZ, M. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; FERREIRA, M. A. (2009) Comportamento de materiais genéticos de eucalipto em Paty do Alferes, RJ. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, V.16, N.1, pp. 01-10.

QUORESHI, A. M.; PICHE, Y.; KHASA, D. P. (2008) Field performance of conifer and hardwood species 5 years after nursery inoculation in the Canadian Prairie Provinces. *New Forests*, Dordrecht, V.35, N.3, pp. 235-253.

SOUZA, L. A. B.; BONNASSIS, P. A. P.; SILVA FILHO G. N.; OLIVEIRA V. L. (2008) New isolates of ectomycorrhizal fungi and the growth of eucalypt. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, V.43, N.22, pp. 235-241.

XU, D.; DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GONG, M. (2002) Effects of P fertilization on productivity and nutrient accumulation in a *Eucalyptus grandis x E. urophylla* plantation in southern China. *Forest Ecology Management*. Oxford, V.161, N.1, pp. 89-100.

DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E AO LONGO DO FUSTE

Diego Piter de Abreu[1], Ana Paula Leite de Lima[2], Sebastião Ferreira de Lima[2], Déborah Nava Soratto[2]

[1]*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, Mato grosso do Sul, Brasil diegop.egf@outlook.com*

[2]*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*

Resumo

A matriz energética atual demanda tecnologias e materiais de alta qualidade e rentabilidade, sendo assim, a madeira como fonte energética, necessita de estudos para determinar a viabilidade do material genético e adaptação a região de inserção, portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a densidade básica da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos e ao longo da árvore. O experimento foi implantado em área da Usina Cerradinho Bioenergia, em Serranópolis, GO. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial, com cinco espaçamentos (3,0 x 1,0 x 0,8 m; 3,0 x 1,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m), três clones (A217; AEC144; H13) e cinco posições ao longo do fuste (0%, 25%, 50%, 75%, e 100% da altura comercial) com três repetições. Aos 36 meses de idade foi abatida uma árvore por parcela, das quais foram retirados discos de 5,0 cm de espessura nas posições de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. A densidade básica da madeira foi determinada seguindo a norma NBR 11941. Houve variação entre os clones e os espaçamentos na densidade básica da madeira. O uso de maiores espaçamentos proporcionou maiores valores de densidade básica. Para os clones estudados houve variação da densidade básica da madeira nas posições amostradas. O comportamento observado foi de decréscimo na densidade até os 33,9% da altura comercial, seguido por aumento até os 100% da altura.

Palavras chave: Plantios energéticos. Biomassa. *Eucalyptus*.

Introdução

A crescente demanda energética da sociedade contemporânea impõe a necessidade constante da evolução das práticas utilizadas para manter a matriz energética. Em vista de tal necessidade vários países vêm buscando fontes alternativas para suprir suas necessidades energéticas, principalmente com fontes renováveis, dentro destas, o uso da madeira como combustível (BRITO, 2007).

Dentro desse contexto, parte das florestas plantadas para fins energéticos passaram a adotar espaçamentos mais adensados e, consequentemente, rotações mais curtas. Segundo a

ABRAF (2013) tais práticas silviculturais são inerentes ao termo “Florestas Energéticas”. De acordo com Teixeira et al. (2016) o espaçamento de plantio pode influenciar as características de um povoamento florestal, de modo qualitativo e quantitativo.

A seleção de materiais genéticos adequados a destinação energética se torna imprescindível para resultados satisfatórios no desenvolvimento do povoamento. Com isso, Bassa et al. (2007), afirmam que o gênero *Eucalyptus* vem sendo muito utilizado devido a sua elevada taxa de crescimento e adaptação as diferentes condições edafoclimáticas do país. Para destinação bioenergética, o material utilizado deve apresentar características como baixo teor de minerais, elevados valores de poder calorífico e densidade básica e alto teor de lignina e carbono fixo, viabilizando elevado rendimento e qualidade do produto (OLIVEIRA et al., 2010).

A densidade básica da madeira retém grande importância dendroenergética, devido a sua alta correlação com outras características da madeira (SILVA et al., 2009). Segundo Jati et al. (2014), o espaçamento de plantio, sítio, idade influenciam na variação da densidade básica ao longo do fuste, no sentido longitudinal e radial, entre e dentro da espécie. Protásio et al. (2013) afirmam que altos valores de densidade básica e poder calorífico são características desejáveis para geração de energia.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade básica da madeira ao longo do fuste de três clones de eucalipto plantados em diferentes espaçamentos.

Material e Métodos

O material coletado é proveniente de um povoamento implantado na Fazenda Jacuba, sua sede está localizada nas coordenadas geográficas: latitude 18º13’06’’ S e longitude 52º35’23’’ O de Greenwich, a 706 m de altitude (IBGE, 2015). O clima característico da região, de acordo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo tropical úmido (Aw), com precipitação média anual de 1.579 mm e temperatura média anual variando de 20ºC a 25ºC. A classe de solo predominante é o Neossolo Quartzarênico e a vegetação original de cerrados (PEIXINHO et al., 2010).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, adotando-se esquema fatorial 3 x 5 x 5. Onde foram testados três clones de híbridos de *E. urophylla x E. grandis* (A217; AEC144; H13) plantados em cinco espaçamentos (3,0 x 1,0 x 0,8 m; 3,0 x 1,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m), onde foram avaliadas cinco alturas ao longo do fuste (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial). Aos 36 meses 45 indivíduos foram abatidos, dos quais foram retirados 5 discos, sendo esses, particionados em cunhas. Os procedimentos para determinação da densidade básica da madeira foram aplicados de acordo com a norma técnica NBR 11941 (ABNT, 2003). A densidade básica foi considerada como a média aritmética de duas cunhas opostas, para cada seção longitudinal. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e, para o fator quantitativo foi ajustada que/ação de regressão ao nível de 5% de significância.

Resultados e discussão

A densidade básica da madeira (D_b), foi influenciada pela interação entre os clones e os espaçamentos ($p<0,01$). A interação entre clones e alturas ao longo do fuste foi significativa ($p<0,05$). Houve variação na D_b dos três clones, em função do espaçamento de plantio (Tabela 1). De maneira geral, para os três clones nos diferentes espaçamentos, a densidade da madeira foi maior com o aumento do espaçamento de plantio e, dentre os materiais genéticos, o clone A217 apresentou superioridade na maioria dos espaçamentos. Ribeiro et al. (2017), observaram aumento da densidade básica entre híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla,* aos 72 meses de idade, até o espaço de 4,92 m² por planta.

Tabela 1. Densidade básica média da madeira (g cm^{-3}) de clones de *E. urophylla* x *E. grandis* plantados em diferentes espaçamentos (m), aos 36 meses de idade, em Serranópolis, GO, 2018.

Clones	Espaçamentos				
	3,0 x 1,0 x 0,8	3,0 x 1,0 x 1,0	3,0 x 1,0	3,0 x 1,5	3,0 x 2,0
A217	0,424 aC	0,437 aBC	0, 458 aAB	0,460 aA	0,478 aA
AEC144	0,429 aC	0, 394 bB	0,435 bAB	0,459 aA	0,440 bAB
H13	0,390 bC	0, 386 bC	0, 438 abB	0,461 aAB	0,475 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os espaçamentos de linha simples apresentaram maiores valores médios de D_b (Tabela 1), em média 8,1% superiores em relação aos espaçamentos em linhas duplas. Para os espaçamentos em linhas duplas, os menores valores médios foram obtidos no espaçamento 3x1x1 m. As maiores médias foram obtidas no espaçamento 3x2. Conforme Malan e Hoon (1992), a explicação para esse comportamento geral está associada a limitação da área por planta, no qual árvores crescendo em espaçamentos maiores tendem a produzir madeira adulta precocemente.

Para os clones A217 e AEC144 não ouve variação da D_b entre os espaçamentos em linhas simples (Tabela 1). Apenas para o clone H13 a D_b no espaçamento 3x2 foi superior àquela encontrada no 3x1 (8,4% superior ao 3x2). Comparando o espaçamento 3x1 com os espaçamentos em linhas duplas, o primeiro foi 12,9 % maior e, se comparados ao 3x2, este foi 22,4 % superior.

Nos resultados para as médias das densidades da madeira ao longo do fuste entre os clones (Tabela 2), observou-se diferença significativa, com exceção da altura a 25% do fuste. Isso pode ser explicado pela heterogeneidade da composição da madeira, o que possibilita variações de suas propriedades entre e dentro das espécies, dentro da mesma árvore e até mesmo em nível celular (TRUGILHO; SILVA, 2004).

Tabela 2. Densidade básica média da madeira (g cm^{-3}) ao longo do fuste de clones de *E. urophylla* x *E. grandis* plantados em diferentes espaçamentos (m), aos 36 meses de idade, em Serranópolis, GO, 2018.

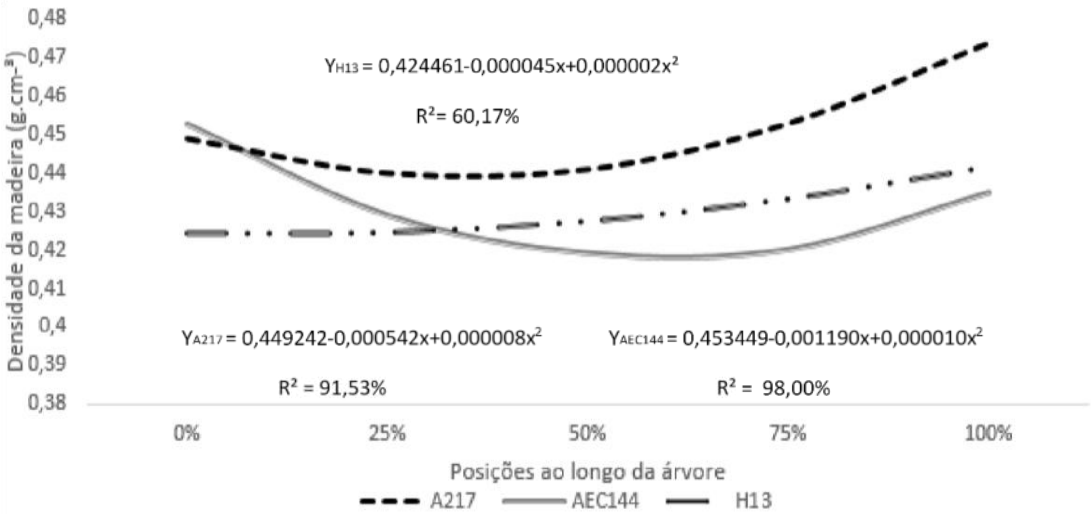
Clones	Alturas no fuste				
	0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
A217	0,451 a	0,434 a	0,447 a	0,452 a	0,473 a
AEC144	0,453 a	0,430 a	0,416 b	0,423 b	0,434 b
H13	0,428 b	0,416 a	0,429 ab	0,439 ab	0,438 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O clone A217 de modo geral apresentou as maiores médias da D_b para as posições longitudinais (Tabela 2), excluindo a altura referente a 0% do fuste. O clone H13 denotou a menor média entre os clones para altura de 0% do fuste, apresentando valor 5,6% inferior aos demais clones. As menores médias de densidade básica foram constatadas para o clone AEC144, no qual foram verificados os menores valores na maioria das posições ao longo do fuste, excluindo a posição de 0%, em que obteve a maior média para a altura em questão e para altura de 25% da altura comercial do fuste.

Ao avaliar os resultados obtidos para a variação da densidade básica de cada clone ao longo do fuste (Figura 1), pode-se identificar diferença significativa nas alturas analisadas.

Figura 1. Densidade básica da madeira (g cm^{-3}) ao longo do fuste de diferentes híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* ao longo do fuste, até a altura comercial (3,0 cm de diâmetro), aos 36 meses de idade, em Serranópolis, GO, 2018.



Para os clones A217 e AEC144, o comportamento foi análogo, de modo geral houve um decréscimo na densidade até a posição média referente a 46,7% do fuste e a partir deste ponto, até a altura de 100% houve um aumento das médias. Hsing et al. (2016), salientam que o padrão mais obtido para o comportamento da densidade básica ao longo da árvore, para o gênero *Eucalyptus*, é o decréscimo dos valores até 50% da altura da árvore, e seguida crescente até o topo, resultado semelhante ao obtido no presente trabalho.

Examinando a variação para os clones de modo isolado, pode-se notar para o clone A217 uma redução de aproximadamente 2% da densidade básica da madeira até a altura de 25% do fuste, e após isso um aumento de 8% até a altura de 100% do fuste, ultrapassando a densidade básica encontrada para a base (0% do fuste) (Figura 1). Foram verificados resultados semelhantes para o clone H13, diferenciando-se pelo menor afastamento entre valores de densidade básica ao longo do fuste, apresentando curva menos acentuada (Figura 1). Mattos et al. (2011), explicaram que esse comportamento para o topo, pode estar associado à região de inserção dos ramos, onde ocorrem alterações na estrutura anatômica da madeira, gerando aumento da densidade básica da madeira.

O clone AEC144 foi o único material onde verificou-se redução da densidade até a altura de 50% da árvore, o que resultou em aproximadamente 7,5% de decréscimo comparado a base do fuste (0%). Esta oscilação da densidade básica ao longo do fuste está associada às alterações do meristema cambial e das exigências fisiológicas e mecânicas que advêm do desenvolvimento da árvore, com o aumento na espessura das fibras e redução da frequência dos vasos, ocasionados pela formação do lenho tardio (SETTE Junior et al., 2012).

Ainda, para o clone AEC144, foi observado aumento da densidade básica a partir da altura de 50%, entretanto, de maneira menos acentuada, quando comparado aos demais clones em estudo, tornando-se o único clone em que a densidade básica a 100% da altura não ultrapassou a densidade na base (0% do fuste).

Conclusões

A densidade básica da madeira difere entre os clones e os espaçamentos de plantio.

A utilização de maiores espaçamentos proporciona maior densidade básica da madeira. O clone A217 apresentou as maiores médias.

Para os clones, houve variação na densidade básica ao longo do fuste, sendo observado em média, declínio até 33,9% da altura comercial, seguido por aumento até 100% da altura.

O clone AEC144 apresentou maior amplitude de variação da densidade básica ao longo do fuste.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e a Usina Cerradinho Bioenergia.

Referências

ABRAF. Anuário estatístico da Abraf 2013: ano Base 2012. Brasília, DF: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, p. 148, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11.941: Madeira, determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

BASSA, A. G. M. C.; SILVA JUNIOR, F. G. de; SACON, V. M. Misturas de madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla e Pinus taeda para produção de celulose kraft através do Processo Lo-Solids. Scientia Forestalis. Piracicaba. 2007

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 9, 2007.

HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. Ciência Florestal, v. 26, n. 1, p. 273- 283, 2016

IBGE. Cidades, Goiás, Serranópolis: informações completas, 2015. Disponível em: < http://cod.ibge.gov.br/6YW > Acesso em: 28 de novembro de 2018.

JATI, S. R., FEARNSAID, P. M.; BARBOSA, R. I. Densidade da madeira de árvores em savanas do norte da Amazônia brasileira. ACTA Amazônica, v. 44, n. 1, p. 7986, 2014.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of Eucalyptus grandis. South African Forestry Journal, Menlo, n. 163, p. 13-20, 1992.

MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n. 1, p. 121-126, 2011.

OLIVEIRA, A.C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. Scientia Forestalis 38: 431-439, 2010

PEIXINHO, D. M.; SCOPEL, I.; MARIANO, Z. F.; SOUZA, M. S. O homem e a terra: o uso e a ocupação de Neossolos Quartzarênicos (RQ) em Serranópolis – GO, Brasil. In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, maio de 2010. Anais... Universidade de Coimbra, p. 9, 2010.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P.F. Seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. Scientia Forestalis, v. 41, n. 97, p. 15-28, 2013

RIBEIRO, M. D. S. B.; JORGE, L. A. B.; MISCHAN, M. M.; SANTOS, A. L.; BALLARIN, A. W. Avaliação da produção da biomassa do fuste de um clone híbrido de Eucalipto sob diferentes espaçamentos. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 31-45, jan-mar., 2017

SETTE JUNIOR, C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de Eucalyptus grandis. Revista Árvore, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, 2012

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. ACTA, Sociedade Botânica do Brasil, v. 23, n. 2, p. 436-445, 2009.

TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, M. P.; YAMAMOTO, H.; CHRISOSTOMO, W.; YAMAJI,F. M. Caracterização química de resíduos de *Eucalyptus* sp. de Florestas de Curta Rotação para a produção de bioenergia. Revista Virtual de Química, v. 8, n. 5, p. 1693-1701, 2016.

TRUGILHO, P.; Silva, D. da. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal do Jatobá (*Himenea courbaril L.*). Scientia Agraria. Piracicaba, v. 2, n. 27, 2004.

VALE, A.T.; MOURA, V.P.G.; MARTINS, I.S & Rezende, D.C.A. Densidade básica média, em função da profundidade de penetração do pino do "pilodyn" e da classe diamétrica, e variação axial da densidade básica em Eucalyptus grandis Hill ex Maiden. Revista Árvore. Viçosa, MG, v. 19, n.1, p. 80-91. 1995.

DESEMPENHO SILVICULTURAL DE MATERIAIS GENÉTICOS DE *Eucalyptus* E *Corymbia* NO SUDOESTE DO PARANÁ

Luan Luchese[1], Bruno Leite dos Santos[2], Diego Maicon Scheis[3] Eleandro José Brun[4]

1. *Estudante de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR. E-mail: luan_luchese@hotmail.com*
2. *Estudante de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR.*
3. *Engenheiro Florestal, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agroecossitemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos,PR.*
4. *Eng. Florestal, Dr., Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR..E-mail: eleandrobrun.utfpr@gmail.com.*

Resumo

O gênero Eucalyptus representa a maior área de florestas plantadas no Brasil e a escolha de um material genético adequado para um determinado sítio envolve estudos de múltiplos materiais. O objetivo desse trabalho foi comparar o desenvolvimento silvicultural e a sobrevivência de quatro espécies: *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus exserta*, *Eucalyptus resinifera* e *Eucalyptus robusta* para a região Sudoeste do Paraná. Para o estudo, foi realizado um inventário florestal do tipo censo. A partir dos dados obtidos foram comparadas as variáveis: número de árvores/ha, área basal (m²/ha), volume (m³/ha) e incremento médio anual (IMA) (m³/ha/ano), com os dados sendo processados através de análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância para as médias de DAP (cm), altura (m) e volume (m³) individuais. O *E. resinifera* apresentou o melhor desempenho médio individual em volume de madeira, ao mesmo tempo em que apresentou as menores taxas de sobrevivência entre os quatro materiais, o que pode ser explicado pelo aumento da área vital das plantas comparada às outras espécies, em função de sua maior mortalidade. Para produtividade por hectare, a melhor espécie foi *E. robusta*, o que pode ser justificado por apresentar a maior taxa de sobrevivência entre as espécies.

Palavras-chave: Eucalipto, floresta plantada, pequena propriedade rural.

Introdução

O sucesso de qualquer plantio florestal passa, necessariamente, por alguns cuidados a serem tomados, como um adequado planejamento a implantação das florestas, no que diz respeito à concepção de um sólido programa de melhoramento genético e a adoção de técnicas silviculturais e de manejo que propiciem alcançar níveis significativos de ganho de produtividade e qualidade da matéria prima desejada (SILVEIRA, 1999).

As plantações do gênero *Eucalyptus* apresentam um crescimento rápido e características silviculturais desejáveis, atributos que contribuem para a escolha do gênero no consumo de madeira para diversos fins, portanto, se torna o responsável pelo fornecimento de matéria-prima a pequenos consumidores e grandes indústrias. A escolha do material adequado é um

fator chave para a obtenção de sucesso, consequentemente, é essencial realizar pesquisas que busquem indicar qual espécie é recomendada de acordo com as características do sítio florestal.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho silvicultural de *Corymbia citriodora, Eucalyptus exserta, Eucalyptus resinifera* e *Eucalyptus robusta* em um povoamento florestal experimental em Dois Vizinhos, Paraná.

Material e Métodos

Foi realizado um inventário florestal tipo censo, em fevereiro de 2018, na Unidade de Ensino e Pesquisa em Povoamentos Florestais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Dois Vizinhos, onde o TUME (Teste de Uso Múltiplo de Eucalipto) foi instalado em dezembro de 2009, em um plantio com espaçamento de 3 m x 2 m. O TUME foi implantado em uma parceria com a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (ESALQ/USP) onde, entre os diversos materiais genéticos plantados, as espécies *Corymbia citriodora, Eucalyptus exserta, Eucalyptus resinifera* e *Eucalyptus robusta*, foram medidas e analisados os seus dados para este estudo.

Dois Vizinhos se localiza na região Sudoeste do Paraná (Latitudes 25°44’03” e 25°46’05“ Sul e Longitudes 53°03’01” e 53°03’10”Oeste), com altitude média de 509 metros. O clima na região é o Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o verão e verões quente, tendo temperaturas médias anuais de 19ºC e pluviosidade média de 2025 mm anuais (IAPAR, 2008). O solo é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico típico (EMBRAPA-CNPS, 2006).

Todas as árvores das espécies *Corymbia citriodora, Eucalyptus exserta, Eucalyptus resinifera* e *Eucalyptus robusta* foram medidas a campo quanto a altura total (com hipsômetro vertex) e a Circunferência à altura do Peito (fita métrica), com a qual calculou-se o diâmetro a altura do peito (DAP). Posteriormente, foi calculado o volume de madeira, utilizando fator de forma 0,46, obtido por LINDNER (2016), após cubagem de 50 árvores na mesma floresta.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com 4 tratamentos (espécies) e, para a análise estatística, utilizaram-se 10 repetições por espécie, sendo que cada árvore foi considerada uma repetição. Para comparação da altura, DAP e volume aos 8 anos após o plantio, foi realizada análise de variância e teste de comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro através do software R-bio. Também foram calculadas as seguintes variáveis: Número de árvores por hectare (levando em conta a sobrevivência atual, comparada ao número de mudas plantadas de cada espécie), área basal (m^2/ha), volume (m^3/ha) e o incremento médio anual (IMA) do volume (m^3/ha/ano).

Resultados e discussão

O *E. robusta* teve o melhor desempenho silvicultural nas condições do estudo, com a maior taxa de sobrevivência e o maior crescimento em área basal e volume por hectare. Porém, comparando as médias de crescimento individual, não se verificou o mesmo desempenho para

estas espécies (Tabela 1). Apesar de ser a espécie de maior potencial para as condições, entre as quatro estudadas, a taxa de sobrevivência do *E. robusta* ficou próxima aos 30%, resultados semelhantes aos encontrados por HIGA et al. (1997), onde testaram o comportamento dessa espécie e outras, em regiões de ocorrência de geadas no sul do Brasil.

A espécie que apresentou a menor taxa de sobrevivência, entre as quatro, foi o *E. resinifera*, com apenas 7,5% de plantas vivas. SATO et al. (2012) encontraram resultados diferentes sobre a adaptação da espécie em Luiz Antônio/SP, o que indica que a mesma pode não ser adaptada ao clima e solo da região sudoeste do Paraná.

Tabela 1. Resultados médios das variáveis dos quatro espécies de *Eucalyptus* sp., aos 8 anos de idade, plantados em Dois Vizinhos-PR.

Variáveis	Materiais Genéticos			
	C. citriodora	*E. excerta*	*E. resinifera*	*E. robusta*
N (Nº Árv./ha)	229	437	125	520
Sobrevivência (%)	13,75	25,62	7,5	31,25
Área basal (m²/ha)	2,92	12,59	6,92	16,48
Volume (m³/ha)	19,80	85,41	71,81	147,42
IMA volume (m³/ha/ano)	2,47	10,7	8,98	18,42

Para *C. citriodora*, a sobrevivência foi de 13,75%. LIMA et al. (1997) encontraram resultados semelhantes para a espécie em Serra do Espinhaço-BA, aos 5 anos de idade. A produção em área basal e volume por hectare foi a mais baixa entre as espécies estudadas.

E. resinifera e *E. robusta* não apresentaram diferença significativa para altura total média (m), assim como *C. citriodora*, *E. excerta* e *E. robusta* não apresentaram diferença significativa para as médias de DAP (cm), altura total (m) e volume médio (m³). *C. citriodora* e *E. excerta* não apresentaram diferença significativa entre si nas médias em todas das as variáveis (Tabela 2).

DAP, altura e volume do *E. resinifera* é representada por um maior valor em relação aos demais materiais, mostrando árvores maiores para esta espécie. Esse valor pode estar relacionado ao menor número de indivíduos por ha (Tabela 1), pois resultados diferentes foram obtidos por ARRAES et al. (2011), em um experimento de competição de espécies e híbridos de *Eucalyptus*, na região de Selvíria - MS, onde os materiais foram avaliados aos 14 anos de idade, o *E. resinifera* apresentou resultados insatisfatórios nas médias com DAP de 11,5 cm;

altura de 14,9 m e volume de 0,14 m³/árv. O menor número de árvores por área possibilita que a planta, através de seu sistema radicular, absorva um maior volume de água e nutrientes e receba em sua copa maior luminosidade, com maior desenvolvimento com menor competição entre indivíduos.

Tabela 2 - DAP (cm), Altura total (m) e Volume (m³ árv.$^{-1}$) de *C. citriodora*, *E. excerta*, *E. resinifera* e *E. robusta*, aos 8 anos de idade, em Dois Vizinhos-PR.

Variáveis	Materiais Genéticos			
	C.citriodora	*E. exserta*	*E. resinifera*	*E. robusta*
DAP médio (cm)	*12,73 b	17,92 b	24,27 a	16,80 b
Altura média (m)	14,4 b	13,5 b	20,2 a	17,3 ab
Volume médio (m³)	0,0941 b	0,1587 b	0,5620 a	0,2026 b

*Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Conclusões

Nas condições do estudo, *E. resinifera* apresentou o melhor desenvolvimento médio individual em altura, diâmetro e volume, mesmo tendo a menor taxa de sobrevivência.

O *E. robusta* e o *E.exserta,* apesar do menor desenvolvimento médio individual, pela maior sobrevivência, apresentam um maior volume acumulado por hectare.

Entre *C. citriodora, E. exserta,* e *E. robusta* não foram observadas diferenças individuais de crescimento na idade avaliada.

As melhores taxas de sobrevivência foram constatadas em *E. robusta*, seguido por *E. exserta, C.citriodora* e *E. resinifera*, respectivamente.

Agradecimentos

A equipe agradece à parceria com a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (ESALQ/USP), através do Departamento de Ciências Florestais, pelo fornecimento das mudas dos materiais genéticos usados neste estudo.

Referências Bibliográficas

ARRAES, M. R. L. M.; MORAES, M. L. T.; AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M. (2011) **-** Competição de espécies e híbridos de *Eucalyptus*. Na região de Selvíria, MS. *Cultura Agronômica*, v. 20, n. 01, p. 39-44.

DIAS, A. N. Um modelo para gerenciamento de plantações de eucalipto submetidas a desbaste (2005). 147 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

EMBRAPA-CNPS- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIACENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. (1997). Manual de métodos de análises de solo. 2 ed. Rio de janeiro: EMBRAPA-SNLCS. 212 p.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. de (1997). Comportamento de vinte espécies de *Eucalyptus* em área de ocorrência de geadas na região sul do Brasil. *EMBRAPA*. V. 1, pp. 106-110.

INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ (2019). Cartas Climáticas do Estado do Paraná. Disponível em: www.iapar.br. Acesso em: 17 de mar/19.

LINDNER, A. A. Potencial de sequestro de carbono em diferentes materiais genéticos do gênero E*ucalyptus* sp. Para a região de Dois Vizinhos – PR. (2016), 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos.

LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R. de. (1997). Espécies e procedências do gênero *Eucalyptus* para a região do Espinhaço meridional da Bahia. *EMBRAPA*. v. 1, pp. 151-156.

SATO, A. S.; SEBBENN, A. M.; MORAES, E.; ZANATTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M. 2012. Seleção dentro de progênies de *Eucalyptus resinifera* aos 21 anos de idade em Luiz Antônio- SP. *Revista do Instituto Florestal,* v. 19, N. 2, pp 93-100.

SILVEIRA, V. Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela Qualidade de sítios e espaçamento. 1999. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

Determinação da variação radial da densidade básica de *Acacia mangium* e *Melaleuca alternifolia*

Tamara Kelly Marques Rocha Nunes 1[1],Gabriela Madureira Barroso 2[1], Aline Zagnoli Villela Motta3[1], Maria Cecília Mota Docha4[1], Cristóvão Pereira Abrahão5[1]

[1]*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, tamaraengf@hotmail.com*

Resumo

A densidade da madeira é uma importante propriedade física para avaliar a qualidade do material lenhoso. Este atributo é também uma boa maneira de classificar o potencial de utilização desta matéria-prima no setor industrial, sendo ele energético, de celulose e madeireiro. A densidade varia entre espécies, entre indivíduos da mesma espécie ou dentro do mesmo indivíduo (variação longitudinal e radial). A espécie Acacia mangium é comumente utilizada no setor energético (carvão), para obtenção de polpa celulósica e no setor madeireiro. Já a Melaleuca alternifolia, é bastante utilizada para exploração do seu óleo essencial, as duas espécies apresentam bom crescimento e boa adaptabilidade em solos brasileiros. O objetivo do trabalho foi determinar a densidade básica radial das espécies Acacia mangium e Melaleuca alternifolia em diferentes classes diamétricas. Para isso foram utilizados corpos de provas de 15 árvores de cada espécie, retirados a 1,30 m do solo (DAP), no sentido radial (casca x medula) das árvores com auxílio de um trado. Os corpos de provas foram subdivididos em 10 amostras menores contendo o comprimento aproximado de 1 cm. As 15 árvores amostradas foram ainda separadas em 3 classes de diâmetro para a verificação da influência do diâmetro na densidade da madeira. As árvores eram provenientes de plantio comercial de 10 anos, situado no município de Guarapari- ES. O volume saturado foi determinado indiretamente pelo método da balança de Arquimedes, com imersão dos corpos de provas em mercúrio. Para determinação do peso seco, as amostras foram secas a 105°C até peso constante e medidos os valores de peso seco foram medidos em balança analítica. A densidade da madeira foi calculada pela razão entre peso seco e volume saturado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e diferenciadas pelo teste T de Student a 5% de significância. A espécie Acacia mangium foi dividida em classes de diâmetro de 10 a 20 cm e maior que 20 e a Melaleuca alternifolia em classes de menor que 24 cm e maior que 24 cm. A espécie Acacia mangium obteve um diâmetro médio de 22,19 cm e Melaleuca alternifolia diâmetro médio de 26,95cm. As classes de diâmetros foram escolhidas de forma que expressassem os diâmetros mais utilizados e que fosse representativo de todas as árvores. A Acacia mangium apresentou uma densidade básica de 0,42g/cm³ e Melaleuca alternifolia uma densidade básica de 0,52g/cm³. Nota-se que, para ambas, a densidade básica mostrou-se estatisticamente iguais nas diferentes classes diamétricas analisadas. Os coeficientes de variação obtidos, tanto para a densidade da madeira de

acacia (CV = 9,5%), quanto para a melaleuca (CV = 7,92%), encontram-se próximos a 10%, o que significa que está dentro do valor de referência para a variabilidade desta propriedade dentro de uma espécie. A densidade básica, tanto da madeira de Acacia mangium quanto da Melaleuca alternifolia mostrou-se influenciada pelo diâmetro das árvores. Influência essa evidenciada pelos perfis radiais de variação desta propriedade, os quais apresentam um padrão de crescimento no sentido medula-casca. As espécies estudadas expressaram variação da densidade básica o que pode ser justificado pela variabilidade genética e pela variação dos fatores de crescimento no povoamento em que foram retirados os indivíduos.

Palavras-chave. Espécies arbóreas, Propriedade física, Qualidade da madeira.

DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO RADIAL DA DENSIDADE DAS MADEIRAS DE *Corymbia citriodora* E *Eucalyptus grandis*

Jéssica Naiara dos Santos[1], Ana Janaína Alves Paz[1], Matheus de Oliveira Lopes[1], Igna Sousa[1], Christovão Pereira Abrahão[1]

[1]*Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri, jessy.dtna@hotmail.com*

Resumo

Foi determinada a densidade básica (média aritmética simples e ponderada), das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis*, em perfis radiais retirados de baguetas na altura de 1,30 m em 13 árvores para espécie *Corymbia citriodora* e 12 para espécie *Eucalyptus grandis*, procedentes de plantios de regime de talhadia na região de Guarapari – ES. Para *C. citriodora* os valores da densidade básica variaram desde 0,41 a 0,73 g/cm³ com média igual a 0,55 g/cm³ e a densidade básica ponderada apresentou valores de 0,53 a 0,66 g/cm³ com média de 0,59 g/cm³. Para *E. grandis* os valores variaram de 0,28 a 0,69 g/cm³, com média igual a 0,47 g/cm³ e a densidade básica ponderada apresentou valores de 0,45 a 0,60 g/cm³ com média de 0,52 g/cm³. A densidade de ambas espécies apresentou um padrão de aumento no sentido medula-casca. Não obstante, observou-se que próximo a casca houve um decréscimo na maioria dos casos.

Palavras-chave: talhadia; tecnologia da madeira; medula-casca

Introdução

A densidade da madeira é um dos mais importantes parâmetro para se avaliar a qualidade da madeira, e tem grande utilidade, por exemplo, na quantificação de biomassa e no estoque de carbono presente em uma floresta. Esta propriedade da madeira é resultante da combinação entre suas características anatômicas e composição química e influencia diretamente as características dos produtos finais, como no rendimento em celulose, resistência mecânica do papel, produção e qualidade do carvão (SHIMOYAMA; BARRICHELO, 1989).

A madeira do *Corymbia citriodora* é de alta estabilidade, todavia, de baixa permeabilidade, sendo utilizada em componentes estruturais para construção, caixotaria, postes, mourões, dormentes, lenha e carvão (FERREIRA, 1979). Já a madeira do *Eucaliptus grandis* é utilizada para produção de celulose e papel, painéis de fibra e aglomerado, combustível industrial e doméstico e produtos de serraria (SOARES et al., 2003).

No caso do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia* a densidade da madeira varia no sentido medula-casca, sendo mais baixa na madeira juvenil que é formada nos primeiros anos de crescimento da planta e, à medida que árvore envelhece, aumenta em direção a casca, o que é acompanhado pela elevação da espessura da parede celular (OLIVEIRA et al. 2005).

Em alguns casos, observam-se também variações da densidade no sentido base-topo do tronco.

Para a quantificação acurada da densidade da madeira, torna-se necessário um estudo sobre as variações desta propriedade tanto radialmente, quanto longitudinalmente no tronco. S Hermegildo (2010), estudando as variações medula-casca da madeira do clone do híbrido *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*, crescendo sob vários espaçamentos, encontrou valores médios para a densidade de 0,4 g/cm³ próximo à medula e 0,7 g/cm³ próximo à casca, uma variação de 75%. Santos (2009), por sua vez, encontrou para a mesma espécie estudada por Hermegildo (2010) valores de 0,58 g/cm³ na base e 0,47 g/cm³ no topo de árvores que cresceram sob espaçamento adensado (0,5 m x 3,0 m). O supracitado autor observou que as variações da densidade base-topo são menores à medida que se aumenta o espaço vital das árvores.

Existem diferentes técnicas para a coleta de amostras em campo com a finalidade de avaliar a densidade da madeira. No caso da amostragem com o trado de Pressler constitui um método prático não destrutivo. Entretanto, deve-se atentar para a ponderação dos valores da densidade de cada amostra no momento do cálculo da média por árvore.

Com base no anterior, este trabalho teve como objetivo avaliar a densidade básica das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis* por meio da tradagem de árvores, bem como, comparar os valores das médias aritméticas simples e ponderadas.

Material e Métodos

A madeira foi proveniente de plantios com regime de talhadia de *C. citriodora* e *E. grandis* implantados em 2003, no município de Guarapari - ES, cuja altitude varia do nível do mar até 780 metros. O solo predominante no local é o latossolo vermelho amarelo distrófico. O clima se caracteriza por apresentar temperatura média anual de 25º C e índice pluviométrico com média de 1.800 mm.ano^{-1} (INCAPER, 2011).

Foram utilizadas baguetas radiais, extraídas com um trado de Pressler a 1,30 m do solo em 13 árvores para espécie *Corymbia citriodora* e 12 para espécie *Eucalyptus grandis.* Cada bagueta foi subdividida em amostras menores, de comprimento aproximado de 10 milímetros na direção radial. As árvores amostradas foram ainda separadas em 4 classes de diâmetro para a verificação da influência do diâmetro na densidade da madeira.

No laboratório, as amostras retiradas das baguetas foram imersas em água e submetidas a ciclos de vácuo-pressão até peso constante. Uma vez saturadas, foram determinados os volumes pelo método da balança hidrostática empregando mercúrio metálico como fluido de imersão. Foi determinado também o comprimento de cada amostra saturada com um paquímetro. Após a determinação dos volumes e comprimentos, as amostras foram conduzidas a uma estufa ventilada, com temperatura igual a 105 °C até peso constante, quando se determinaram os seus pesos anidros**.** Dividindo-se o peso anidro pelo volume saturado, foi calculada a densidade básica da madeira.

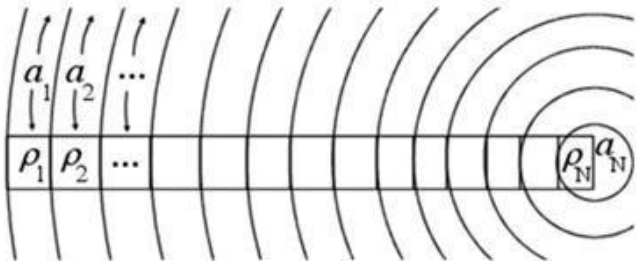
Uma vez obtidos os valores individuais da densidade básica, foram calculadas as médias aritméticas simples ($\bar{\rho}$) e ponderadas ($\overline{\rho_{Pond}}$), por árvore, com emprego das expressões:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \rho i \qquad \overline{\rho_{Pond}} = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{N} \rho_i \,.\, a_i$$

Em que: $\bar{\rho}$ = média aritmética simples das densidades ao longo do perfil radial desde a camada mais externa do lenho (i=1) até a medula (i=N); N = número de amostras retiradas no perfil; ρ_i = densidade da amostra da posição i; $\overline{\rho_{Pond}}$ = média aritmética ponderada das densidades ao longo do perfil; A = área total da seção transversal do tronco sob análise ($A = \sum_{i=1}^{N} a_i$); a_i = área do anel circular de largura igual à espessura da amostra i.

A Figura 1 ilustra o posicionamento das amostras e seus anéis circulares correspondentes, evidenciando a necessidade da ponderação para a densidade básica.

Figura 1. Desenho esquemático mostrando a localização das amostras ao longo do perfil radial, evidenciando as diferentes áreas (a1, a2 ...an) representadas pelas amostras e a necessidade de se ponderar as densidades (ρ1, ρ2... ρn) em função da posição.



Fonte: Autor, 2013.

As médias aritméticas simples e ponderadas de cada classe de diâmetro foram comparadas pelo teste t de Student.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os valores para as médias da densidade básica das madeiras de *C. citriodora* e *E. grandis* agrupando-se as árvores em classes de diâmetro. Note-se que não houve diferença significativa entre as classes de diâmetro.

Tabela 1. Médias aritméticas simples e ponderadas para a densidade básica das madeiras de *C. citriodora* e *E. grandis* em diferentes classes diamétricas.

Espécie	Diâmetro (cm)			Densidade básica (g/cm³)				
	Classe	Por árvore	Média	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}_p$	$\bar{x}_p$
Corymbia citriodora	10 – 16	13,82	14,55	0,56	0,08	0,55a	0,59	0,58a
		14,50		0,52	0,04		0,53	

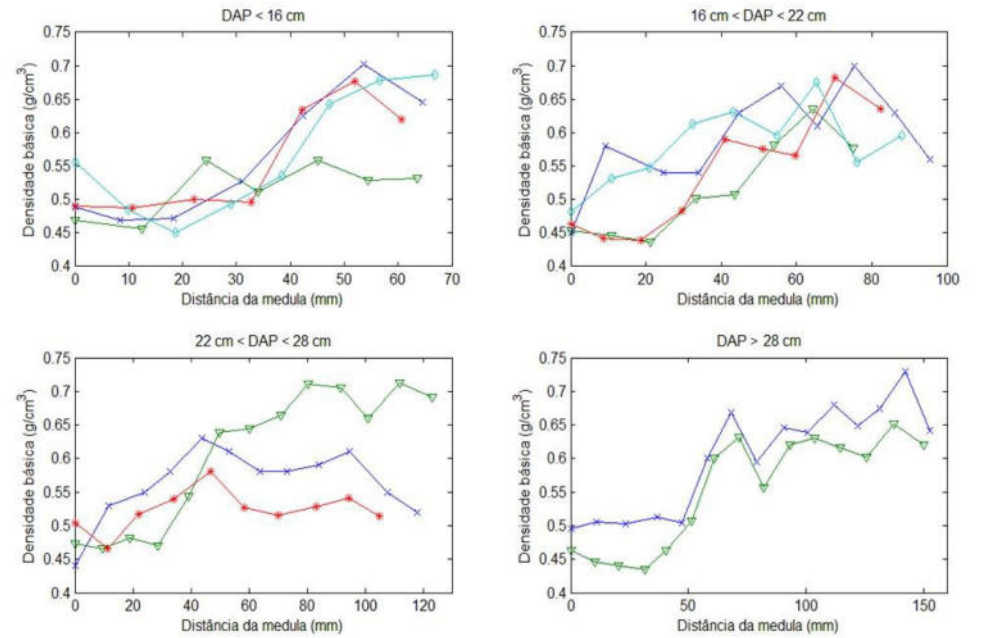
		14,56		0,56	0,09	0,61	
		15,22		0,57	0,09	0,61	
	16 -22	17,54	19,34	0,52	0,07	0,55	0,58a
		19,05		0,54	0,09	0,59	
		19,44		0,58	0,06	0,60	
		20,95		0,59	0,07	0,59	
	22 – 28	23,06	25,28	0,52	0,03	0,53	0,59a
		25,42		0,57	0,06	0,57	
		26,87		0,60	0,10	0,66	
	> 28	32,08	32,40	0,56	0,08	0,60	0,62a
		32,72		0,60	0,08	0,64	
	Geral	21,71		0,56	0,03	0,59	
Eucalyptus grandis	18 – 22	19,14	20,37	0,47	0,06	0,49	0,48a
		20,23		0,41	0,09	0,45	
		21,87		0,44	0,10	0,49	
	22 -26	23,36	23,91	0,53	0,07	0,57	0,53a
		23,56		0,48	0,08	0,53	
		24,70		0,45	0,11	0,50	
	26 – 30	26,93	27,77	0,54	0,10	0,60	0,54a
		28,54		0,44	0,07	0,47	
	> 30	30,17	32,27	0,54	0,09	0,58	0,53a
		30,88		0,43	0,08	0,48	
		33,30		0,46	0,10	0,51	
		34,37		0,49	0,10	0,54	
	Geral	26,42		0,47		0,52	

Fonte: Autor, 2013. Onde: $\bar{x}$ = média aritmética simples; s = desvio padrão; $\bar{x}_p$ = média aritmética ponderada. Na mesma coluna, médias seguidas da mesma letra são iguais a 5% de significância pelo Teste t de Student.

Os valores para a média aritmética ponderada foram superiores aos da média aritmética simples, uma vez que as densidades das duas espécies em estudo aumentam em direção à casca (Figuras 2 e 3).

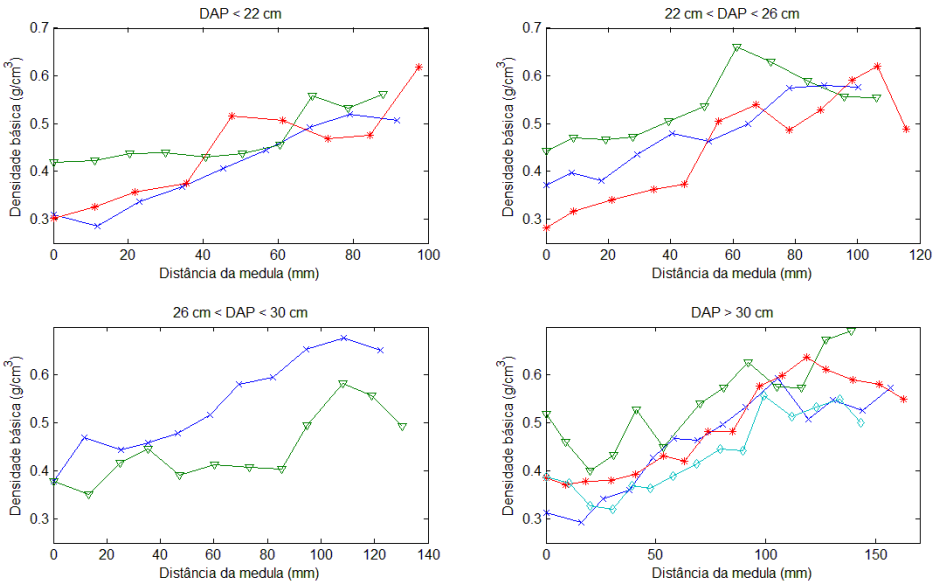
A Figura 2 ilustra os perfis radiais para a densidade da madeira de C. citriodora, separando-se as árvores em classes de diâmetro. Nota-se elevação dos valores da densidade ao incrementar o diâmetro. Lemos et. al. (2012) afirma que variações da densidade não dependem unicamente de características intrínsecas às espécies, mas também às condições externas como local de crescimento, variações climáticas e tratamentos silviculturais. Por estes motivos pode ser observado na mesma classe de diâmetro uma grande variação entre árvores que podem estar relacionados com a posição destas na área, o que pode refletir efeitos da competição e os tratos culturais.

Figura 2. Distribuição da densidade básica no perfil radial dos discos para cada árvore de *C. citriodora*.



Fonte: Autor, 2013.

Figura 3. Distribuição da densidade básica no perfil radial dos discos para cada árvore de *E. grandis*.



Fonte: Autor, 2013.

Na Figura 3 são apresentados os perfis radiais para a densidade básica da madeira de *E. grandis.* O comportamento foi bastante semelhante ao observado para o *C. citriodora.* Oliveira et. al. (2005) e Tomazello Filho (1985) relatam valores diferentes para a densidade básica da madeira de *E. grandis*, no sentido radial. Apesar de estes últimos autores terem trabalhado com materiais genéticos diferentes, em diferentes locais e idades, os padrões de variação da densidade são semelhantes, apresentado um incremento a partir da medula com queda na região do alburno.

Conclusões

A densidade básica, tanto da madeira de *C. citriodora*, quanto de *E. grandis* apresentaram um padrão de aumento no sentido medula-casca. Não obstante, observou-se que próximo a casca houve um decréscimo na maioria dos casos.

Diferenças entre os perfis radiais foram observadas dentro de indivíduos da mesma espécie, o que se justifica pela variabilidade genética e pela variação na oferta dos fatores de crescimento encontrados na área onde se encontram os povoamentos.

Referências Bibliográficas

FERREIRA, M. (1979) Escolha de espécies de eucalipto. Circular Técnica IPEF. V.47, pp.1- 30.

HERMENEGILDO, M. A. D. S. Avaliação de diferentes propriedades da madeira de um híbrido de *Eucalyptus* em diferentes espaçamentos nos sentidos base topo e medula casca. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

TOSO, J. A.; HOFMANN, R. L. (2011) Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural, proater 2011 – 2013. INCAPER.

LEMOS, A. L. F.; GARCIA, R. A.; LOPES, J. D. O.; CARVALHO, A. M. D.; LATORRACA, J. V. D. F. (2012) Madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson sob Aspectos Físicos e Anatômicos como Fatores Qualitativos. Revista: Floresta e Ambiente. V.19, N.1, pp. 1-8.

OLIVEIRA, J. T. D. S.; HELLMEISTERS, J. C.; FILHO, M. T. (2005) Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. Revista Árvore. V.29, N.1, pp. 115-127

SANTOS, P. H. B. Influência do espaçamento em algumas propriedades da madeira de eucalipto. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.

SOARES, T.S.; CARVALHO, R.M.M.A.; VALE, A.B. (2003) Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. Revista Árvore. V.27, N.5, pp. 689-694.

SHIMOYAMA, V. R. D. S.; BARRICHELO, L. E. G. (1989) Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, ESALQ/USP. V.6, N.20, pp. 1.

TOMAZZELO FILHO, M. (1985) Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis.* IPEF. N.29, pp. 37-45.

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DA MADEIRA E DOS PELLETS A PARTIR DA ESPÉCIE DE *Eucalyptus cloeziana*

Rayne Cardoso da Silva[1], Lucas Abrantes Ladeira [2], Cristina Chaves Alves Pereira [2], Luiz Carlos Couto[2], Arlete Barbosa dos Reis[2]

[1]*Departamento de Engenharia Florestal – UFVJM – Diamantina – Minas Gerais – Brasil (raynesilva535@gmail.com)*

[2] *Departamento de Pós-Graduação em Biocombustíveis – UFVJM – Diamantina – Minas Gerais – Brasil*

Resumo

O Brasil se mostra um grande produtor de resíduos oriundos da biomassa vegetal, desta forma torna-se necessário desenvolver estudos que visam o aproveitamento desses produtos conexos provenientes de atividades industriais. Dentre as diversas espécies utilizadas no setor florestal, o gênero Eucalyptus é o segundo mais plantado no mundo, ocupando 26% do total de 277,8 milhões de hectare, e em 2015, o Brasil atingiu a sétima colocação entre os países com maiores áreas florestais plantadas mundialmente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da madeira e dos pellets obtidos a partir da espécie Eucalyptus cloeziana utilizada por empresas da região do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais. As amostras de madeira e pellets foram submetidas aos testes de Análise Química Imediata, Análise Química Elementar e Determinação de Poder Calorífico. Tanto a madeira quanto os pellets de Eucalyptus cloeziana apresentaram valores satisfatórios para a sua utilização para produção energética.

Palavras-chaves: Biomassa florestal, Pelletização, Energia da Madeira.

Introdução

A matriz energética mundial utiliza principalmente os combustíveis fósseis como matéria prima, uma vez que representam uma alternativa, até então, mais econômica para os países desenvolvidos, onde muitas vezes há escassez dos recursos renováveis empregados na produção de combustíveis. No entanto, ao considerar as questões ambientais novas fontes de energias renováveis surgiram para diminuir o uso do petróleo, as biomassas vegetais se caracterizam como uma delas, e nos dias atuais está em gradativa expansão no cenário energético mundial (GARCIA, 2010).

O consumo global de energia está aumentando consideravelmente em decorrência de vários fatores, por exemplo, o rápido crescimento da população, urbanização e evolução econômica, isto ocorre ao mesmo tempo que as fontes de energia disponíveis principalmente de combustíveis fósseis estão sendo consumidas rapidamente (MISHRA, 2018). O consumo energético mundial no ano de 2015 apresentou os seguintes números: carvão contribuiu com

30 %, gás natural 24 %, hidroeletricidade 7 %, energia nuclear 4 %, petróleo 33 % e outros, como recursos renováveis, 2 % (DUDLEY, 2017).

A biomassa lignocelulósica é uma das potenciais candidatas para produzir combustíveis e produtos químicos (KAPOOR et. al., 2015). A biomassa lignocelulósica é composta por resíduos agrícolas, resíduos florestais, plantas aquáticas e outras culturas e não é apenas uma matriz de hemicelulose, celulose e lignina, mas também é formada por alguns componentes orgânicos, tais como lipídios e extrativos. Pesquisas relatam que biomassa é constituída de três principais biopolímeros: hemiceluloses (8 – 25 %), celulose (25 – 55 %) e lignina (10 – 35 %), além do teor de cinzas e extrativos (MISHRA, 2018).

O Brasil se mostra um grande produtor de resíduos oriundos da biomassa vegetal, desta forma torna-se necessário desenvolver estudos que visam o aproveitamento desses produtos conexos provenientes de atividades industriais (DE PAULA PROTÁSIO, 2011). Os pellets possuem a forma de pequenas pelotas cilíndricas e apresentam características específicas de compactação e densidades, e surgiram como alternativa de aproveitamento dos resíduos de madeira decorrentes das atividades industriais. O reaproveitamento desse substrato se mostra favorável ao meio ambiente, além de possuir um grande potencial energético para geração de energia renovável (DE PAULA PROTÁSIO, 2011).

Dentre as diversas espécies utilizadas no setor florestal, o gênero *Eucalyptus* é o segundo mais plantado no mundo, e o primeiro em plantios brasileiros ocupando 26 % do total de 277,8 milhões de hectare, e em 2015, o Brasil atingiu a sétima colocação entre os países com maiores áreas florestais plantadas mundialmente (PAYN et al., 2015). Desta forma, uma das espécies que estão propagando é o *E. cloeziana*, que possui características notáveis para sua utilização em alguns segmentos, como por exemplo, na produção de postes para iluminação de zona rural, fabricação de peças serradas, em obras de construção civil e também para fins energéticos da madeira (FLORES et al., 2016). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da madeira e dos pellets obtidos a partir da espécie *Eucalyptus cloeziana* utilizada por empresas da região do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais.

Material e Métodos

As amostras de madeira foram adquiridas no Viveiro do Departamento de Engenharia Florestal da UFVJM – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Diamantina. Todas as amostras foram retiradas de árvores plantadas no próprio Campus da Universidade e tinham aproximadamente 6 anos de idade. Os pedaços cortados foram transformados em discos que permaneceram alocados em estufa para alguma finalidade científica.

Após a coleta desse material, os discos foram cortados em cavacos de pequena dimensão de forma uniforme para facilitar o processamento do material. Foram confeccionados aproximadamente 10 Quilogramas desse material.

O próximo passo para a preparação da amostra, foi a moagem em duas etapas distintas para a diminuição da granulometria do material. Primeiro, passou-se os cavacos em um moinho

martelo para redução do tamanho das partículas, e após esse processo passou-se novamente o material extraído em um moinho de facas Wiley parar diminuir ainda mais as partículas do material, sendo então peneirado em peneiras granulométricas de 45 e 30 Mesh. Ao final de todos esse processo, o material obtido foi alocado em uma Estufa a 103 ± 5°C para a conservação do teor de umidade.

Todo o material confeccionado na etapa anterior, foi deslocado para a Fazenda Água Limpa da Universidade Federal de Brasília localizada à 28 km da sede Campus para a realização dos procedimentos de pelletização.

O processo de Pelletização ocorreu num período de aproximadamente 3 horas de fabricação tendo como resultado uma boa quantidade de pellets para possíveis avaliações. Após esse processo, foram selecionados aproximadamente 100 corpos de pellets que estavam em condições anatômicas coerentes como as determinações de dimensões de pellets para serem produzidos comercialmente.

As análises das propriedades químicas da madeira e dos pellets consistiu da determinação das propriedades de: densidade básica, conforme NBR 11941/2003. O teor de cinzas (525ºC), a porcentagem de carbono fixo e porcentagem de voláteis (900ºC) foram determinados em Termobalança Gravimétrica (TGA), conforme a norma ASTM 1762 e o poder calorífico superior em calorímetro, conforme a norma DIN 51900.

A análise química elementar foi realizada através de um analisador elementar CHNS, localizado no Laboratório de Química da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. As análises foram feitas para a matéria prima de *Eucalyptus cloeziana* e também para os pellets confeccionados a partir da mesma matéria prima, seguindo a norma ASTM E777/2008 e E778/2008.

O poder calorífico foi obtido por meio de uma bomba calorimétrica do modelo 6400 Automatic isoperibol Calorimeter localizado no Laboratório de Produtos Florestais –IBAMA (Brasília – DF). Este equipamento realiza as medições a partir da energia da combustão completa do material submetido ao teste, tendo como fatores importantes o controla da pressão e da entrada de oxigênio para garantir a combustão. Esse ensaio foi realizado seguindo a ABNT NBR 8633/84 – adaptada, com precisão de 0,120 MJ/kg entre as amostras

Resultados e discussão

O valor médio da densidade aparente foi, respectivamente, 0,780 g/cm³ e densidade básica foi de aproximadamente 0,603 g/cm³ ambos considerando o teor de umidade a 14 %. Os altos teores de umidade da madeira é um dos fatores que ocasiona defeitos de secagem, causando empenamentos e fendilhamentos, sendo importante a obtenção do menor valor de variabilidade em torno do teor de umidade médio pretendido (OLIVEIRA,2005). O valor encontrado para densidade se encontra em conformidade com valor determinado por Guimarães Júnior (2011) e Alves et. al. (2017) como é representado pela Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Densidades Básicas presentes na literatura

Biomassa	Densidade Básica	Fonte
	g/cm³	
E. cloeziana	0,534	Barrichelo & Brito (1976)
E. cloeziana	0,670	Gonçalez (2006)
E. cloeziana	0,710	Guimarães Júnior (2011)
E. cloeziana	0,700	Alves et. al. (2017)

A análise química imediata para a madeira apresentou valores médios de 84,73 % para materiais voláteis, 0,07 % para teor de cinzas e 15,20 % para carbono fixo (Tabela 2) diferentes aos valores encontrados por Barrichelo (1978) de 74,10 %, 0,53 % e 24,30 %, respectivamente. Já os pellets apresentaram valores médios de 84,81 % para materiais voláteis, 0,25 % para teor de cinzas e 14,94 % para carbono fixo. Essas diferenças deverão ser analisadas através de ferramentas estatísticas que indicarão os possíveis fatores que propiciaram essa variação.

As diferenças entre os valores dos teores de cinzas entre a matéria prima e os pellets produzidos podem estar relacionadas aos sistemas de amostragem, bem como as próprias características dos pellets em relação a matéria prima.

Tabela 2: Análise Química Imediata (TGA)

		Madeira	Pellets
T.U	(%)	11,02	8,75
T.V	(%)	84,73	84,81
T.C	(%)	0,07	0,25
C.F	(%)	15,20	14,94

T.U = Teor de Umidade; **T.V** = Teor de Voláteis; **T.C** = Teor de Cinzas; **CF** = Carbono Fixo

Segundo Cortez et al. (2008), determinar a composição química elementar é um fator importante para o entendimento de processos de combustão, sendo viável também para o cálculo de volumes de ar, entalpia e também para a determinação do Poder Calorífico Inferior (PCI) de um determinado combustível. Os valores desde teste estão representados abaixo pela Tabela 3.

Tabela 3: Análise Química Elementar

	Madeira	Pellets
	(%)	(%)
C	44,42	49,91
H	5,04	5,58
N	0,19	0,19
O	50,35	45,32

C = Carbono**; H =** Hidrogênio**; N =** Nitrogênio**; O =** Oxigênio

Os valores médios encontrados para o Poder Calorífico Superior Foram de 19,763 MJ.Kg-1 para a madeira e 19,933 MJ.Kg-1 para o pellet produzido a partir dessa matéria prima. Os valores encontrados para a madeira de *Eucalyptus cloeziana* se encontram na faixa aproximada das espécies de folhosas bem como similar aos valores encontrados por Rodrigues & Rousset (2009), Pereira (2000), Ibrahim et al. (2013) e Galvão (2018) para a madeira de Eucalipto (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de Poder Calorífico presentes na literatura

Biomassa	**Poder calorífico** MJ.Kg^{-1}	**Fonte**
E. grandis	19,57	Pereira (2000)
E. cloeziana	18,57	Rodrigues & Rousset (2009)
Eucalyptus	20,5	Ibrahim et al. (2013)
E. grandis	20,09	Galvão (2018)

Conclusões

Os resultados encontrados no presente estudo permitem concluir:

- A espécie de *Eucalyptus cloeziana* possui densidade básica e aparente da madeira boa para o uso energético e produção de pellets;

- A madeira de *Eucalyptus cloeziana* apresenta teor de carbono fixo baixo, teor de materiais voláteis alto e, teor de cinzas baixo, correlacionados esses valores com literatura, sendo aceitáveis para o uso na geração de energia;

- O poder calorífico da madeira e dos pellets de *Eucalyptus cloeziana* estão dentro dos valores padrões apontados pelos estudos para caracterizar a madeira para utilização na geração de energia;

- Os pellets de *Eucalyptus cloeziana* possuem qualidade nos dados apresentados pelo teste de Análise Química Imediata, sendo considerados então, suficientes para uso energético e, rendimentos satisfatórios para a sua produção.

Agradecimentos

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM);

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) – Brasília - DF;

À Universidade Federal de Brasília (UNB).

Referências Bibliográficas

ALVES, R. C., OLIVEIRA, A. L. C., E CARRASCO, E. V. M. (2017) Propriedades Físicas da madeira de Eucalyptus cloeziana F. Muell. *Floresta e Ambiente*, v.24, p. e00015312.

BARRICHELO, L. E. G. E BRITO, J. O. (1976) Potencialidade de espécies tropicais de eucalipto para produção de celulose sulfato branqueada. *IPEF, Piracicaba*, v.13, p. 9-37.

CORTEZ, L. A. B., LORA, E. E. S. E GOMEZ, E. O. (2008) Caracterização da biomassa. In: CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S.; GOMEZ, E.O. (org). *Biomassa para energia*. Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP.

PROTÁSIO, T. P. et al. (2011) Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, n. 68, p. 273.

DUDLEY, B. et al. (2016) BP statistical review of world energy 2016. *British Petroleum Co., London, UK*, 2017.

FLORES, T. B., ALVARES, C. A., SOUZA, V. C. E STAPE, J. L. (2016) Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação. Piracicaba: IPEF, pp. 448.

GALVAO, L.G.O. (2018). Efeitos da acústica e da temperatura no processo de torrefação e nas propriedades energéticas da madeira de Eucalyptus grandis. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal*. Publicação PPGEFL.DM – 305/2018 Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF.

GARCIA, D. P. (2010) Caracterização química, física e térmica de pellets de madeira produzidos no Brasil.

GONÇALEZ, J. C. et al. (2006) Características tecnológicas das madeiras de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden e Eucalyptus cloeziana F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. *Ciência Florestal*, v.16, N. 3, p. 329-341.

GUIMARÃES JR, J. B. et al. Painéis de madeira aglomerada de resíduos da laminação de diferentes procedências de Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna e Eucalyptus cloeziana. **Cerne**, v. 17, n. 4, 2011.

IBRAHIM, R. H. H. et al. (2013) Physicochemical characterisation of torrefied biomass. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 103, p. 21–30.

KAPOOR, M., RAJ T., VIJAVARAJ, M., CHOPRA, A., GUPTA, R. P., TULI, D. K. E KUMAR R. (2015) Structural features of dilute acid, steam exploded, and alkali pretreated mustard stalk and their impact on enzymatic hydrolysis. *Carbohydr Polym* 124:265 –273.

MISHRA, R. K. E MOHANTY, K. (2018) Characterization of non-edible lignocellulosic biomass in terms of their candidacy towards alternative renewable fuels. *Biomass Conversion and Biorefiner***y**, p. 1-14.

OLIVEIRA, J. T. S., HELLMEISTER, J. C., E TOMAZELLO FILHO, M. (2005) Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto.

PAYN, T., CARNUS, J. M., FREER-SMITH, P., KIMBERLEY, M., KOLLERT, W., LIU, S., ORAZIO, C., RODRIGUEZ, L., SILVA, L. N. E WINGFIELD, M. J. (2015) Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management*, v. 352,p. 57-67, DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.021.

PAYN, T., CARNUS, J. M., FREER-SMITH, P., KIMBERLEY, M., KOLLERT, W., LIU, S., ORAZIO, C., RODRIGUEZ, L., SILVA, L. N. E WINGFIELD, M. J. (2015) Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management*, v. 352,p. 57-67, DOI: 10.1016/j.foreco.2015.06.021.

RODRIGUES, T. O. E ROUSSET, P. L. A. (2009) Effects of torrefction on energy properties of Eucalyptus grandis wood. *Cerne*, v. 15, n. 4, p. 446–452.

Dinâmica de floresta explorada com técnicas de impacto reduzido na Amazônia Oriental

Erica Karolina Barros de Oliveira[1], Leilson Ferreira Gomes[2], Leonidas Soares Murta Júnior[3], Hudson Franklin Pessoa Veras[4]

[1]*Programa de Pós- graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília (karolina.czs@gmail.com)*

[2]*Universidade de Brasília, Programa de Pós Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinamica - Instituto de Geociências*

[3]*Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais*

[4]*Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal.*

Resumo

Este estudo teve por objetivo avaliar os impactos do manejo ao longo de 10 anos de monitoramento, nos parâmetro de mortalidade, recrutamento e incremento da comunidade arbórea de uma Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, localizada na Fazenda Rio Capim, Município de Paragominas, PA. Os dados foram coletados em sete ocasiões, antes da exploração (2004) e após a exploração nos anos de 2005, 2006, 2008, 2010, 2012 e 2014. Foram alocados dois transectos, medindo 100 m x 900 m cada, totalizando uma superfície de 18 hectares, cada transecto foi dividido em 9 parcelas amostrais de 100 m x 100 m (1 ha), subdivididas em 16 subparcelas de 25 m x 25 m (0,0625 ha). Em cada unidade amostral, os indivíduos foram inventariados em dois níveis de inclusão (Nível I): DAP ≤ 20 cm (parcelas de 100 m x 100 m); (Nível II): 10 cm < DAP ≤ 20 cm (25 m x 25 m). A metodologia de inventário florestal contínuo utilizada é da EMBRAPA-CPATU. Com base nas informações obtidas nos sete inventários, foram quantificados os dados de mortalidade, recrutamento ou ingresso e incremento periódico anual em diâmetro (IPA/DAP), por período de medição, para todas as espécies, grupo ecológico preferencial e classes de distribuição diamétrica. Considerando todo o período de monitoramento (2004 a 2014), a floresta apresentou um balanço positivo entre a taxa de mortalidade 3,62% ind.ano^{-1} e de recrutamento 4,57% ind.ano^{-1}. Indicando que essa fisionomia está em fase de construção, pós-distúrbio. Este comportamento de maior taxa de recrutamento em detrimento da mortalidade também foi verificado para os três grupos ecológicos estudados (NP-TS: Não pioneiras tolerantes a sombra; NP-DL: Não pioneiras demandantes de luz e PI: Pioneiras). O IPA/DAP, obtido para o período total de medição foi de 0,32 cm/ano, sendo os maiores valores registrados nas maiores classes de distribuição diamétrica. As espécies NP-DL e PI apresentaram os maiores IPA/DAP com médias de 0,58 cm.ano^{-1} e 0,42 cm.ano^{-1} respectivamente. Este comportamento foi influenciado pelo aumento na disponibilidade de luz, devido a maior abertura no dossel em decorrência da exploração. Os resultados do presente trabalho ratificam a sustentabilidade dos planos de manejo florestal sustentável (PMFS), uma vez que a sucessão secundária natural na área em questão está ocorrendo de forma satisfatória. Neste sentido, o monitoramento contínuo da floresta, com maior amplitude temporal se faz necessário para consolidar essas observações, possibilitando um melhor entendimento da dinâmica florestal e suas interações com o meio.

Palavras-chave. Amazônia Oriental. Dinâmica Vegetacional. Manejo de Impacto Reduzido.

EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus cloeziana* COMPARATIVAMENTE À UM COMBUSTÍVEL DE ORIGEM FÓSSIL PARA SUPRIR UMA DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL

Matheus Augusto Oliveira Souza[1], Luiz Carlos Couto[1], Lucas Abrantes Ladeira [2], Lunia da Consolacao Vieira[1], Cristiano Christofaro Matosinhos[1]

[1]*Departamento de Engenharia Florestal – UFVJM – Diamantina – Minas Gerais – Brasil (Matheus_aos@hotmail.coml)*

[2] *Departamento de Pós-Graduação em Biocombustíveis – UFVJM – Diamantina – Minas Gerais – Brasil*

Resumo

A concentração anormal de gases com efeito de estufa na atmosfera, engendrada pela atividade humana seria responsável pelo aquecimento global do planeta cujas consequências, poderão ser desastrosas tais como as mudanças climáticas, fusão das geleiras e interferências drásticas, em todos os ecossistemas cujos resultados seriam desastrosos. Contrariamente à biomassa lenhosa, os combustíveis de origem fóssil quando submetidos à combustão, conduzem a liberação de CO_2 o qual foi retirado há milhões de anos da atmosfera pela vegetação pré-histórica. O objetivo deste estudo foi o de estabelecer a equivalência energética entre uma caldeira alimentada com óleo combustível e a biomassa lenhosa, para fins de produção de calor, tomando-se como base o consumo médio anual de óleo combustível e a eficiência da respectiva caldeira, considerando um período anual de operação de 1500 horas. Observou-se que a utilização de dendrocombustíveis comparado a um combustível fóssil apresentou parâmetros não somente tecnicamente viáveis bem como uma substituição energética muito benéfica ao meio ambiente.

Palavras-chaves: Biomassa Florestal; Energia Renovável, Biocombustíveis.

Introdução

Como todos os combustíveis entre os quais os combustíveis fósseis a produção de energia a partir de madeira e de seus produtos conexos, libera o dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, este gás é um dos principais gases considerados impactantes com o fenômeno do efeito estufa. Se ele não é o mais ativo entre todos eles, é, porém, o mais intensamente emitido pela atividade humana (PINTO,2018).

A concentração anormal de gases com efeito de estufa na atmosfera, engendrada pela atividade humana seria responsável pelo aquecimento global do planeta cujas consequências, poderão ser desastrosas tais como as mudanças climáticas, fusão das geleiras e interferências drásticas, em todos os ecossistemas cujos resultados seriam desastrosos (NEIVA,2016).

Entretanto, o CO_2 liberado na atmosfera quando de sua combustão corresponde àquele que os vegetais entre os quais, as formações florestais retiram da atmosfera durante os seus respectivos crescimentos mediante o fenômeno da fotossíntese (DIAS, 2015). Esse processo permite que o balanço em carbono proporcionado pelo sistema madeira-energia é neutro visto que o ciclo existente entre a fotossíntese realizada pelos vegetais lenhosos (árvores)

principalmente pelo fato de ser a mais intensamente envolvida nos diferentes processos de combustão em escala global, está dessa forma, perfeitamente em equilíbrio em relação à atmosfera (MALMSHEIMER,2008).

Assim, mediante esse processo, o CO_2 decorrente da combustão dos dendrocombustíveis, que é liberado na atmosfera, é exatamente o mesmo que a árvore retirou da atmosfera durante todo o seu ciclo de vida (JAYNES,2010). Contrariamente à biomassa lenhosa, os combustíveis de origem fóssil quando submetidos à combustão, conduzem a liberação de CO_2 o qual foi retirado há milhões de anos da atmosfera pela vegetação pré-histórica (MALHI et.al.,2012). Nessa escala temporal, pode-se afirmar que a cada ano de utilização dos combustíveis de petróleo, de gases ou de carvão mineral gera o CO2 em proporções imensuráveis, aumentando assim a sua concentração no planeta (GASPAR, 2007). Desta forma, o presente trabalho apresenta um estudo de equivalência energética da madeira de *Eucalyptus Cloeziana* comparativamente à um combustível de origem fóssil para suprir uma demanda energética anual com variáveis previamente definidas.

Material e Métodos

Foram estabelecidos parâmetros de cálculo de equivalência energética entre uma caldeira alimentada com óleo combustível e a biomassa lenhosa, para fins de produção de calor, tomando-se como base o consumo médio anual de óleo combustível e a eficiência da respectiva caldeira, considerando um período anual de operação de 1500 horas. Para isso, utilizou-se a biomassa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. nas seguintes morfologias: (1) cavacos de madeira obtidos diretamente a partir da madeira na forma de toras, com três níveis de teores de umidade: 40%, 30% e 20%, (2) cascas, geradas na operação de descascamento realizada em um descascador de tambor e posteriormente após um breve período de secagem ao ar, submetidas à fragmentação em um picador de disco, de forma a uniformizar as suas dimensões e assim, facilitar a operação de alimentação da fornalha e finalmente (3) pellets com comprimento da ordem de 5 a 40 mm e diâmetro com cerca de 5 mm.

Para que se possa estabelecer a equivalência energética entre o óleo combustível e os demais tipos de combustíveis oriundos da biomassa do *Eucalyptus cloeziana*, foram analisados os parâmetros a seguir (RASGA,2013; EUROPE,2015; WOOD FUEL HANDBOOK,2008; ALVES et.al.,2017;):

- Teor de umidade (%)
- Teor de Cinzas (%)
- Massa Volúmica (kg/m^3)
- Fator de Expansão
- Valor Calorífico (kWh/kg)
- Eficiência da Caldeira (%)
- Operação Anual (h)
- Retratibilidade Volumétrica Total (%)

Procedimentos de cálculos

De posse de todas as características apresentadas anteriormente, a etapa seguinte foi a de calcular todos os parâmetros necessários para se estabelecer a equivalência energética entre os diferentes tipos de dendrocombustíveis e o óleo combustível como é descrito abaixo:

1º) Cálculo das necessidades energéticas anuais (kW) atendida pela caldeira operando com o óleo combustível BPF-A1;

2º) Estimativa aproximada (kW) de uma caldeira alimentada com o respectivo óleo combustível para atender uma demanda anual de 1500 horas/ano, considerando a sua eficiência térmica e o consumo médio anual do respectivo óleo combustível;

4°) Cálculo das necessidades (t) anuais equivalentes de cada um dos dendrocombustíveis necessárias, para suprir as necessidades energéticas proporcionada pela caldeira operando com o óleo combustível BPF-A1;

Ressalta-se que foi utilizado o óleo combustível BPF-A1. Este, é um óleo de baixo ponto de fluidez, constituído de hidrocarbonetos e possui uma elevada massa molecular, representado pela família das parafinas, naftênicos e aromáticos. Origina-se a partir de frações pesadas resultantes do processo de craqueamento do petróleo, sendo utilizado com frequência na indústria moderna como combustível para esquentar fornos, caldeiras, aquecedores, entre outros (RASGA 2013). O óleo BPF-A1 apresenta Poder Calorífico Superior (PCS) de 10,265 kcal/kg e Poder Calorífico Inferior (PCI) em torno de 9.600 kcal/kg, e massa específica que pode variar de 0,970 a 1,050g/cm3 (RASGA 2013).

Resultados e discussão

A tabela 1 abaixo, faz uma síntese de todos os resultados obtidos nesse trabalho e partir dos mesmos poder-se-á fazer inferências concernentes à um tipo de combustível isoladamente ou então em relação ao conjunto dos resultados obtidos.

Tabela 1: Síntese dos resultados concernentes à equivalência energética entre o óleo combustível BPF-A1

Natureza do combustível	Umidade (%)	Valor calorífico (kWh/kg)	Eficiência da caldeira (%)[2]	Demanda energética anual (kWh)	Consumo anual (t)	Volume de biomassa necessário (m^3aparente)
Óleo BPF – A_1[1]		11,1[2]	85	333391	25,5	
Cavacos	20	4,1	80	333391	81	284
Cavacos	30	3,72	80	333391	112	392
Cavacos	40	3,4	80	333391	123	318
Casca	50	3,1	80	333391	134,5	448
Pellets	10[1]	4,72[1]	80	333391	88,3	136

A Tabela 1 mostra inicialmente que o consumo anual entre todos os combustíveis se situou entre 25,5 e 134,5 toneladas respectivamente para o óleo combustível e a casca. Essa diferença da ordem de 81% é óbvia visto que a diferença entre os valores caloríficos dessas duas categorias de combustíveis, é da ordem de 72%. A propósito, a casca contém uma quantidade significativa de lignina que em muitos casos poderá ultrapassar 40%, e essa é uma das razões pela qual o seu valor calorífico pode atingir cerca de 26 KWh/kg. Considerando apenas esse atributo, a sua utilização na geração de energia se mostra interessante em relação aos outros produtos conexos da madeira com exceção dos pellets.

Estudos já demonstraram que o valor calorífico da casca externa é superior ao da casca interna e dependendo da espécie lenhosa, esses valores poderão atingir respectivamente 20-32 MJ/kg 19-20 MJ/kg. (NURMI 1993 e 2000; HAKKILA et al. 1995). No entanto, apesar dessas vantagens aparentes, o seu conteúdo relativamente elevado impõe certas restrições imediata à sua utilização imediata na geração de energia dado, a correlação estreita e inversamente proporcional entre o conteúdo de umidade da biomassa lenhosa como um todo e o seu valor calorífico (JUVONEN & JOHANSON 1986).

Em termos industriais, o processo de descascamento da casca, em razão de um volume considerável de madeira a ser processada (descascada), se faz em descascadores rotativos (tambor) e nesse caso, em razão do armazenamento relativamente elevado das toras no pátios, é necessário no processo de descascamento em tambor utilizar a injeção de água para facilitar essa operação. Assim, essa é uma das razões pela qual o teor de umidade da casca após essa operação poderá atingir facilmente valores da ordem de 50% (JUVONEN & JOHANSON 1986). Assim, o uso racional do potencial energético da casca envolverá uma pré-secagem antes de destiná-la à combustão (LAINE & SAHRMAN 1985,).

A relação entre os valores caloríficos e o conteúdo de umidade. Em efeito, esses valores se situam entre 3,4 kWh e 4,1 kWh respectivamente para os cavacos com teor de umidade 40% e 20%. A diferença percentual da ordem de 17%, aparenta ser pouco relevante, mas quando associada à grandes produções de calor e/ou cogeração de energia, esses valores assumem uma dimensão considerável. Assim, a exemplo do que recomendado para a casca, a utilização dos cavacos requer uma gestão apropriada com relação à uniformidade do teor de umidade dos cavacos, previamente à combustão (ALAKANGAS 2005).

Concernente ao volume de biomassa lenhosa para atender a demanda energética, pelas razões anteriormente discutidas, esse valor conforme mostra a Tabela 2, variou de 284 m3 aparente para os cavacos com 20% e de 318 m3 aparente para aqueles com 40% de umidade, ou seja, uma diferença de cerca de 10,7%. Quanto aos pellets, o seu consumo anual foi de 88,3 toneladas, registrando uma diferença de 31% e 27,8% respectivamente em relação aos teores de umidade considerados anteriormente para os cavacos. Todavia, isso se explica pelo fato de que a produção dos pellets exige matéria prima lenhosa com teor de umidade uniforme e da ordem de 10% (RASGA, 2013).

Considerando a demanda energética anual da ordem de 333391 kWh. Usando uma caldeira alimentada com o óleo combustível BPF-A1, o seu consumo anual foi da ordem de 25,5 toneladas e no caso dos pellets, esse foi 88,3 toneladas. Nesse caso, como não é possível fazer comparações em termos energéticos, pode-se, no entanto, fazer um comparativo no caso do impacto de dióxido de carbono (CO2) lançado na atmosfera oriundo da combustão. No caso do óleo combustível, a expectativa de emissões de dióxido de carbono (CO2), é da ordem de 90348 toneladas/ano.

No caso dos pellets, a expectativa de emissões de CO2 na atmosfera é um pouco superior e da ordem de 118,3 toneladas. Todavia, há que se considerar que no caso da combustão da biomassa lenhosa, como, por exemplo os pellets são ainda vantajosos do ponto

de vista ambiental, pois é praticamente nula a emissão dos óxidos de nitrogênio (NOx) e de enxofre (SOx) o que não é o caso da combustão dos combustíveis fósseis.

A evolução da geração de empregos diretos pelos segmentos da produção de maneira geral (florestas plantadas e nativas) contribuiu com uma média anual superior a 650 mil empregos formais no país (SNIF, 2015), sendo que o maior potencial de geração de emprego não está na atividade florestal no campo, mas nas atividades posteriores ao longo da sua cadeia produtiva, nos processos de transformação e agregação de valor ao produto florestal. Entre os empregos diretos gerados na produção florestal, o setor de florestas plantadas foi responsável por quase 90% dos empregos diretos gerados na atividade primária florestal

Segundo Moreira et. al. (2017), alguns fatores devem ser levados em consideração para que os produtores rurais entrem de vez no mercado do setor florestal, sendo o planejamento da produção e um estudo de mercado por parte do produtor rural extremamente importantes para o início do empreendimento florestal.

Ainda, nesse contexto ambiental, com o acirramento das questões ambientais tendo em vista as mudanças climáticas, cada vez mais e em uma escala globalizada priorizar as fontes de energia alternativas e entre essas a biomassa lenhosa já é uma realidade. Isso pode estar associado entre outras, ao fato de que a combustão da biomassa lenhosa, está associada ao fenômeno do carbono neutro. Isso significa que o dióxido de carbono lançado na atmosfera pela combustão da biomassa lenhosa, não provocará impacto na sua concentração na mesma. Isso pelo fato de que a quantidade lançada de CO2 é exatamente a mesma que os vegetais lenhosos retiraram da atmosfera mediante o processo de fotossíntese durante a sua vida vegetativa.

Conclusões

Os resultados encontrados no presente estudo permitem concluir:

- A espécie de *Eucalyptus Cloezina* possui características físicas e químicas satisfatórias para o uso energético e produção de pellets;

- O uso dos produtos conexos da madeira de *Eucalyptus Cloezina* representa uma alternativa não somente com benefícios energéticos bem como diversos benefícios Ambientais já que todas as economias globais sejam elas desenvolvidas ou não, venham priorizar cada vez mais a biomassa lenhosa para fins de geração de energia, considerando que o mundo já assiste os efeitos nefastos das mudanças climáticas.

- Um comparativo de custos em relação à produção energética tem que ser considerado, onde seja realizadas análises de fatores como disponibilidade, trabalhabilidade, e aplicabilidade no mercado atual de produção de energia a partir da biomassa.

Referências Bibliográficas

ALAKANGAS, E. Properties of wood fuels used in Finland – BIOSOUTH. Technical Research Centre of Finland, VTT Processes, Project report PRO2/P2030/05. Jyväskylä. 90p.2005 +app. 10 p.

ALVES, Rejane Costa; OLIVEIRA, Ana Lúcia C.; CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla. Propriedades Físicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00015312, 2017.

DIAS, Genebaldo Freire. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. Global Editora e Distribuidora Ltda, 2015.

EUROPE, Forest; UNECE, F. A. O. State of Europe's forests 2015. 2015.

GASPAR, Ana Teresa Ferreira da Silva et al. Modelagem tecnico-economica de sequestro de CO2 considerando injeção em campos maduros. 2007.

HAKKILA, P., KALAJA, H. & SARANPÄÄ, P., 1995. Etelä-Suomen ensiharvennusmänniköt kuitu- ja energialähteenä. (First-thinning Scots pine stands in Southern Finland as fibre and energy source). Helsinki, Finnish Forest Research Institute, Research Notes 582.

JAYNES, Dennis. Global Warming: Myths & Realities. 2010.

JUVONEN, R. & JOHANSON, P. E. 1986. Mekaaninen metsäteollisuus 2. Sahateollisuus. (Mechanical wood processing industry 2. Sawmill industry). Helsinki, National Board of Education, Association of Finnish Wood Industry Engineers. 290 p.

LAINE, R. & SAHRMAN, K. 1985. Puupolttoaineiden ominaisuudet ja hinnoitteluperusteet. (Properties and pricing bases of wood fuels). Espoo, VTT, Research Notes 513. 68 p.

MALHI, Yadvinder; MEIR, Patrick; BROWN, Sandra. Forests, carbon and global climate. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 360, n. 1797, p. 1567-1591, 2002.

MALMSHEIMER, Robert W. et al. Forest management solutions for mitigating climate change in the United States. **Journal of Forestry**, v. 106, n. 3, p. 115-173, 2008.

MOREIRA, José Mauro Magalhães Ávila Paz; SIMIONI, Flávio José; DE OLIVEIRA, Edilson Batista. 2017. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. Floresta, v. 47, n. 1, p. 85-94,

NEIVA, Rubens Antonio et al. Mudanças climáticas na mídia: jornalismo e agricultura no contexto do aquecimento global. 2016.

NURMI, J. 1993. Pienkokoisten puiden maanpäällisen biomassan lämpöarvo. (Calorific value of surficial biomass of small trees). Acta Forestalia Fennica 236. 30 p.

NURMI, J. 2000. Properties and storage of whole-tree biomass for energy. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 758. 42 p.

PINTO, Thaís Alves. Gasolina, Gás Natural e Etanol: Comparação dos principais impactos ambientais da produção ao consumo final. 2008.

RASGA, Rodrigo Ottobrini Sucena. **Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo**. 2013. Tese de Doutorado.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS (SNIF). Número de empregos formais por segmento do setor florestal. Disponível em: . Acesso em: 14 mai 2015.

Estimativa de biomassa aérea em floresta de Terras Indígenas da Bacia do Rio Iguaçu com a ferramenta GEOBIOMASS

Ana Paula Marques Martins[1*], Carlos Roberto Sanquetta[1], Ana Paula Dalla Corte[1], Sebastião do Amaral Machado[1], Jaime Wojciechowski[2]

[1]*Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil, *anapaula_marquesm@yahoo.com.br*

[2]*Setor de Educação Profissional e Tecnológica, UFPR.*

Resumo

*O Estado do Paraná contém vinte e sete Terras Indígenas, sendo que, desse total, sete situam-se na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu abrangendo distintas fitofisionomias e estados de sucessão ecológica. Dessas sete, quatro estão regularizadas, uma declarada e duas em estudo. O objetivo deste trabalho foi realizar a estimativa da biomassa acima do solo (AGB) em Terras Indígenas situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu no ano de 2015. Foram utilizados os arquivos vetoriais da classificação orientada a objetos da cobertura florestal das Terras Indígenas do mosaico de imagens Landsat 8. O cálculo da AGB foi realizado com a ferramenta GEOBIOMASS para o ArcGIS 10.x, desenvolvido em linguagem Phyton adicionada como ferramenta do módulo Toolbox deste mesmo programa (*Machado *et al*. 2019, aceito para publicação*). A referida ferramenta faz o cálculo dessa estimativa atribuindo valores padrão para cada polígono de vegetação conforme a fitofisionomia e estágio de sucessão. Os valores padrão utilizados para o cálculo da AGB foram: 69,37 t.ha^{-1} para Campos em Floresta Secundária em Estágio Inicial de regeneração (FSEI)* [A1][A2][A3] *e 283,27 t.ha^{-1} para Campos em Floresta Secundária em Estágio Médio-Avançado de regeneração (FSEMA); 56,25 t.ha^{-1} para Floresta Estacional Semidecidual (FES) em FSEI e 143,305 t.ha^{-1} em FSEMA; 63,10 t.ha^{-1} para Floresta Ombrófila Densa (FOD) em FSEI e 202,64 t.ha^{-1} em FSEMA; e, 69,37 t.ha^{-1} para Floresta Ombrófila Mista (FOM) em FSEI e 283,27 t.ha^{-1} em FSEMA. Esses valores padrão encontram-se disponíveis no Software JCarbon® (JCarbon, 2019). O teste qui-quadrado (χ^2) foi utilizado para a validação das estimativas, utilizando valores levantados em 20 parcelas de campo. O χ^2 calculado resultou em 28,51 e o χ^2 tabelado (graus de liberdade = 19; a = 0,05) foi de 30,14, logo, aceita-se a hipótese nula de que as estimativas geradas pela ferramenta GEOBIOMASS e os valores levantados a campo não diferem estatisticamente. Conforme as estimativas, houve 17,11 toneladas ao todo de AGB estocadas para FES em estágio FSEI, nas demais fitofisionomias não foi detectada vegetação em estágio inicial (FSEI), portanto, essas não apresentaram estoques de AGB nesse estágio de sucessão* [A4] *em 2015* [A5]*. Em FSEMA houve estoque de AGB em todas as fitofisionomias, sendo que a FOM contribuiu com cerca de 85,34% do estoque total (7,142 Mt), seguida pela FES com 10,72% (0,897 Mt), Campos com 3,87% (0,324 Mt) e FOD com 0,07% (0,006 Mt). Esses resultados revelam que, de modo geral, grande parte* [A6][A7] *das florestas existentes em Terras Indígenas encontra-se em FSEMA, pois, esse estágio apresentou significativa contribuição na AGB dessas áreas, quando comparados à FSEI. De acordo com Ferretti-Gallon e Busch (2014), florestas geridas por povos indígenas são consideravelmente menos prováveis de serem desmatadas do que a média para florestas tropicais e subtropicais, todavia, esses autores afirmam que poucos estudos investigaram diretamente o efeito das políticas de posse da terra no armazenamento de carbono, e consequentemente nos estoques de AGB.*

Palavras-chave. Bioma Mata Atlântica. Mudanças Climáticas. Geoprocessamento. AGB.

Referências

FERRETTI-GALLON, K.; BUSCH, J. **What Drives Deforestation and What Stops It? A Meta-Analysis of Spatially Explicit Econometric Studies.** Center for Global Development, Washington, Working Paper 361, Climate and Forest Paper Series #2, April, 2014. Disponível em https://www.cgdev.org/sites/default/files/FerrettiGallon_Busch_deforestation-kw-JB.pdf. Acesso em 22 de novembro de 2018.

JCARBON. Valores Padrões. Disponível em http://www.jcarbon.ufpr.br:28080/jcarbon/listarValorPadrao. Acesso em 30 de abril de 2019.

MACHADO, A.; MARTINS, A. P. M.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; WOJCIECHOWSKI, J.; MACHADO, S. A.; SANTOS, R.; LANDIM, I. A. M. Dinâmica do volume, biomassa e carbono na Mata Atlântica por ferramenta de detecção de mudanças. **Nativa**. (Aceito para publicação, 2019).

PREDIÇÃO DO PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS) DA CASCA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE CONÍFERAS NORTE-AMERICAS

Wender Marcos Rocha Melquíades[1], Luiz Carlos Couto[2], Joycinara Pereira de Matos[2], Lucas Abrantes Ladeira[2], Fernando Paiva Acardua[3].

[1]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais (wendermarcos121@gmail.com), [2]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Diamantina, Minas Gerais, [3]Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de alguns modelos analíticos de predição do Poder Calorífico Superior (PCS) da casca de algumas espécies de coníferas a partir do desvio encontrado entre o valor calculado de PCS e aquele obtido experimentalmente em calorímetro adiabático. A metodologia utilizada para a realização da pesquisa foi concebida obedecendo as seguintes premissas: Prospecção bibliográfica; seleção de espécies coníferas considerando características intrínsecas da casca, analisadas para as mesmas variáveis; e que estas características tivessem a mesma origem. Os resultados obtidos o permitiram mostrar que diferentes modelos analíticos utilizando um mesmo tipo de biomassa que resultaram em resultados diferentes e que dois modelos podem substituir a bomba calorimétrica.

Palavras-chave. Biomassa vegetal. Combustíveis. Modelos analíticos.

Introdução

Desde o conhecimento do fogo pelo homem primitivo, a biomassa tornou-se indissociável do cotidiano da criatura humana contribuindo inclusive no seu processo evolutivo e consequentemente na evolução de sua própria inteligência simplesmente, pela adoção do hábito da cocção dos alimentos, fator preponderante na prevenção de doenças parasitárias e outras (FERREIRA, 2015).

Todavia, com o avanço e a evolução das sociedades e a consequente descoberta do petróleo, o uso de biomassa para a geração de energia, subsequente à Revolução Industrial (1830), foi largamente substituída pelos combustíveis de origem fóssil e isso, até hoje tem sido uma prática dificilmente capaz de ser substituída totalmente. Certamente, com a intensa dependência desses combustíveis por praticamente todas as economias do mundo, a escassez dos mesmos será inevitável em um futuro não muito distante, o que já fez com que muitas nações desenvolvidas apontem e adotem soluções alternativas (FERREIRA, 2015).

A necessidade de reduzir as emissões de CO_2 em função da nefasta mudança climática que vem se intensificando nessas últimas décadas está progressivamente conduzindo

principalmente o mundo ocidental a fazer uso de fontes renováveis de energia, incluindo a biomassa e entre essas, a biomassa lenhosa (GUIDE DU BOIS ÉNERGIE, 2007).

A exploração destes recursos como, por exemplo, a biomassa vegetal como um todo, requer que seu valor calorífico seja conhecido, de forma que se possa fazer os cálculos das respectivas equivalências energéticas entre os diferentes tipos e categorias de combustíveis. Esse poderá ser determinado diretamente (embora não seja barato) ou pelo uso de modelos que o predizem, usando um número de variáveis facilmente e economicamente determinadas inerentes a cada tipo combustível.

Na literatura pertinente, existem há décadas, inúmeros modelos analíticos utilizados como ferramentas para fazer a predição do valor calorífico (ex. Poder Calorífico Superior e/ou Poder Calorífico Inferior) para a biomassa lenhosa e outras biomassas vegetais (ALAKANGAS 2005), muitos dos quais, sofreram modificações quer sejam relacionadas com o tipo de biomassa, caracteríStcas intrísecas das mesmas (composição química elementar, análise química imediata, análise química estrutural, propriedades físicas e químicas etc.) e até mesmo na formulação dos respectivos modelos analíticos entre outros.

Assim, em razão de uma série de imprecisões decorrentes da escolha, por exemplo, de variáveis utilizadas, bem como, de suas respectivas correlações para alguns desses modelos, somente aqueles mais simples se tornaram os mais populares (VARGAS-MORENO et al., 2012).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de alguns modelos analíticos de predição do Poder Calorífico Superior (PCS) da casca de algumas espécies de coníferas a partir do desvio encontrado entre o valor calculado de PCS e aquele obtido experimentalmente em calorímetro adiabático.

Material e Métodos

A metodologia utilizada para a realização deste estudo foi concebida obedecendo as seguintes premissas: Prospecção bibliográfica para encontrar modelos analíticos recomendados para a predição de Poder Calorífico Superior e biomassas lenhosas inclusive para a casca, seleção de espécies de coníferas cujas características intrínsecas da casca de todas elas tivessem sido analisadas para as mesmas variáveis e que essas características fossem realizada em apenas uma Instituição de Ensino e Pesquisa Pública ou Privada, com o intuito de minimizar o erro.

Todas as características como localização dos indivíduos amostrados, quantidade de indivíduos amostrados, o local em que foi conduzido o experimento, os valores de C e H, entre outros, foram embasadas segundo Coder, 1976.

A Tabela 1 apresenta a relação de espécies de coníferas de cujas análises de suas cascas foram retiradas as características intrínsecas necessárias ao provimento dos modelos analíticos empregados.

Na Tabela 2 estão apresentados os modelos analíticos utilizados a partir dos quais se calculou os valores de Poder Calorífico Superior (PCS) da casca de espécies coníferas, a partir do conhecimento de suas características intrínsecas.

A análise dos resultados foi fundamentada apenas no cálculo do desvio percentual obtido pela diferença entre o PCS calculado e o PCS de referência ou vice-versa, obtido experimentalmente em uma bomba calorimétrica. Dentro deste contexto, o modelo analítico que permitiu calcular o menor desvio entre ambos considerando todas as espécies lenhosas, foi aqui considerado como sendo o mais adequado para explicar a correlação entre as variáveis neles inseridas. Assim com base nesses valores procurou-se estabelecer uma ordem decrescente em termos da adequação de cada um dos modelos analíticos utilizados para cada uma das espécies.

Tabela 1: Relação das espécies de coníferas utilizadas nesse estudo.

Espécie	Denominação botânica
Douglas-fir	(*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)
Fir, balsam	(*Abies balsamea* [L.] Mill)
Hemlock eastern	(Tsuga canadensis [L.] Carr.)
Hemlock, western	(*Tsuga heterophylla* [Raf.] Sarg.)
Pine, jack	(*Pinus bankisiana* Lamb.)
Pine scots	(*Pinus silvestris* L.)
Spruce, black	(*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.)
Spruce Norway	(*Picea abies* [L.] Karts.
Spruce red	(*Pinus silvestris* L.)
Spruce White	(*Picea glauca* [Moench.] Voss.)
Tamarack	*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch.)

Fonte :CORDER, 1973.

Tabela 2: Relação dos modelos analíticos utilizados nesse estudo.

Nº de ordem	Modelos analíticos	Autor
1	PCS1 = 0.4373[C]-1.6701	Tillman (1978)
2	PCS = 5.205 + 0.293[C] (2)	Jenkins and Ebeling (1985
3	PCS = 0.4912[C]−0.9119[H] + 0.1177[O]	Thipkhunthod et al.(2005)
1	PCS = 0.4148[C]−0.1841[H] + 0.1789[O]−2.1595	Cordero et al.(2001)
2	PCS = 0.3543[FC] + 0.1708[VM]	Cordero et al.(2001)
3	PCS(MJ/kg) = 19.914-0.2324[cinzas]	Sheng and Azevedo 2005
4	: PCS= 0.1905(MV)+ 0.252(CF)	Yin, C-Y (2011)
5	PCS = 23.885-0.430(cinzas)-0.047(VM)	Jenkins and Ebeling (1985)
	PCS = -3.0368+0.2218[MV]+0.2601[CF]	Sheng and Azevedo (2004)

C = Carbono %, H = hidrogênio %, O = Oxigênio %, MV = Matérias voláteis %, CF = Carbono fixo %, Cinzas = %.

Resultados e discussão

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os valores do PCS calculados a partir de modelos analíticos disponibilizados na bibliografia pertinente bem como aqueles dos respectivos desvios. Esta metodologia é simples e consiste em fazer a diferença entre cada um dos PCS calculados e aquele de referência para cada uma das espécies (CORDERO et al., 2001). Esse valor de referência é aquele obtido experimentalmente em um calorímetro adiabático.

Iniciando-se pela Tabela 3, verifica-se que os valores do PCS calculados guardam entre si valores bem similares com exceção daqueles que foram calculados a partir dos modelos analíticos de Thipkhunthod et al. (2005) e Cordero et al. (2001) cujos valores foram respectivamente 25,1 MJ/kg e 25,6 MJ/kg. Os valores de mínimo e máximo dos demais valores de PCS calculados foram respectivamente 14,4% e 23,1% no caso do modelo analítico 3 (THIPKHUNTHOD et al., 2005).

Para o modelo analítico 4 (CORDERO et al., 2001) essa diferença foi da ordem de 16,4 % e 24,6%, respectivamente. Em ambos forma utilizadas as características intrínsecas da casca concernentes à composição química elementar (C, H e O). Assim, supõe-se com base apenas nesses valores que modelos baseados apenas nessas características anteriores, a priori, não deveriam ser utilizados na predição do PCS, sendo necessário certamente, testar outros modelos com base nessas mesmas características de forma que se possa fazer predições de PCS com valores mais apropriados.

Ressalta-se que independentemente da espécie lenhosa, o seu valor de PCS é da ordem de 18,4 MJ/kg ou 5.1 kWh/kg, embora haja uma diferença da ordem de 2.5% em favor das coníferas, em razão do conteúdo mais elevado de lignina e ainda devido à presença de resina (CREHAY & MARCHAL, 2004). No caso da casca de espécies lenhosas, o seu conteúdo de lignina para ambos os gêneros é superior ao da madeira e sendo assim, a hipótese mais plausível desses valores discrepantes acima (modelo 3 e 4), estariam mais associados aos próprios modelos que não foram apropriados.

Quanto aos valores dos desvios apresentados na Tabela 4, esses podem ser associados à confiabilidade em relação a um ou outro modelo analítico em explicar o comportamento do PCS quando relacionado com características intrínsecas de uma dada categoria de biomassa, como aquela de origem lenhosa (madeira, casca etc.) (CORDERO et al., 2001). Dentro deste contexto, os valores de desvio apresentados na Tabela 4 mostram que os dois modelos que utilizam como variáveis apenas o carbono (C) se mostraram os mais apropriados na predição do PCS (5.1% e 4.7%) e cinco modelos analíticos baseados nas características da análise química imediata apresentaram valores de desvio compreendidos entre 7.0 e 10.1.%, modelos esses, que deverão ser ainda otimizados principalmente nos coeficientes e nas constantes das respectivas equações que representam esses modelos, considerando que se as variáveis utilizadas nas equações são todas derivadas da análise química imediata.

Finalmente, como já foi definido por inúmeros pesquisadores que existe uma correlação positiva entre o conteúdo de lignina na biomassa e Poder Calorífico Superior da biomassa lenhosa. A propósito as madeiras e a casca de espécies coníferas tem um maior teor de lignina do que as folhosas (IEA, 2006), e já foi demonstrado por inúmeros pesquisadores a correlação existente entre o conteúdo de lignina de materiais lignocelulósicos utilizados como combustíveis e o seu poder calorífico superior (PCS). O conteúdo energético da lignina é da ordem de 26 MJ/kg (WHITE 1987; DEMIRBAS 2001; ARIN & DEMIRBAS 2002).

Tabela 3: Poder Calorífico Superior (PCS) expresso em MJ/kg da casca de espécies norte-americanas calculados a partir de modelos analíticos.

Espécie	PCS^R	PCS^1	PCS^2	PCS^3	PCS^4	PCS^5	PCS^6	PCS^7	PCS^8	PCS^9
Douglas-fir	23,5	21,5	20,7	25,0	25,7	21,7	19,4	20,3	19,6	19,7
Fir, balsam	22,0	21,4	20,7	24,9	25,6	20,3	19,3	19,8	19,1	19,3
Hemlock eastern	21,8	21,8	20,9	25,8	26,2	21,3	19,3	20,1	19,4	19,6
Hemlock, western	22,8	20,7	20,2	24,5	25,0	21,2	19,5	20,2	19,7	19,7
Pine, jack	21,8	21,7	20,9	25,4	25,8	21,1	19,4	20,1	19,5	19,6
Pine scots	20,0	22,1	21,1	25,8	26,1	21,7	19,8	20,5	20,1	20,0
Spruce, black	20,5	21,1	20,4	24,9	25,5	20,7	19,3	19,9	19,2	19,4
Spruce Norway	20,0	20,5	20,0	24,3	25,0	20,8	19,1	19,9	19,0	19,3
Spruce red	20,1	21,1	20,5	25,0	25,4	20,9	19,1	19,9	19,0	19,3
Spruce white	19,8	21,2	20,6	24,4	25,2	21,2	18,9	19,9	18,8	19,2
Tamarack	20,9	22,5	21,4	25,8	25,9	25,9	18,9	25,9	25,9	25,9
Média	21,2	21,4	20,7	25,1	25,6	21,1	19,3	20,6	19,9	20,1

PCSR Poder Calorífico Superior de referência (MJ/kg)

PCS1	PCS1 = 0.4373[C]-1.6701	(Tillman, (1978)
PCS2	PCS = 5.205 + 0.293[C] (2)	(Tillman, (1978)
PCS3	PCS = 0.4912[C]−0.9119[H] + 0.1177[O]	(Thipkhunthod et al.(2005)
PCS4	PCS = 0.4148[C]−0.1841[H] + 0.1789[O]−2.1595	(Cordero et al.(2001)
PCS5	PCS = 0.3543[FC] + 0.1708[VM]	(Cordero et al.(2001)
PCS6	CS = 19.914-0.2324[cinzas]	(Sheng and Azevedo 2005)
PCS7	PCS= 0.1905(MV)+ 0.252(CF)	(Yin, C-Y (2011)
PCS8	PCS = 23.885-0.430(cinzas)-0.047(VM)	(Jenkins and Ebeling (1985)
PCS9	PCS = -3.0368+0.2218[MV]+0.2601[CF]	(Sheng and Azevedo (2004)

Tabela 4: Valores percentuais dos desvios obtidos pela diferença entre o Poder Calorífico Superior (PCS) calculado e valor de referência para cada uma das espécies

Espécie	Desvios (%)									
	PCS^R	PCS^1	PCS^2	PCS^3	PCS^4	PCS^5	PCS^6	PCS^7	PCS^8	PCS^9
Douglas-fir	23,5	8.5	11.8	6.4	9.4	7.7	17.4	13.6	16.5	16.2
Fir, balsam	22,0	2.6	6.0	13.4	16.2	7.7	12.2	10.1	13.0	12.1
Hemlock eastern	21,8	0.1	4.1	18.2	20.1	2.1	11.3	7.6	10.9	10.3
Hemlock, western	22,8	9.1	11.4	7.4	9.8	7.0	14.4	11.4	13.8	13.7
Pine, jack	21,8	0.5	4.4	16.5	18.5	3.4	10.9	7.8	10.6	10.2
Pine scots	20,0	10.6	5.7	29.1	30.6	8.6	1.2	2.5	0.7	0.1
Spruce, black	20,5	2.8	0.3	21.6	24.2	1.1	6.0	2.9	6.5	5.4
Spruce Norway	20,0	2.3	0.2	21.3	25.1	4.2	4.3	0.7	4.8	3.5
Spruce red	20,1	5.0	1.8	24.4	26.4	3.9	5.0	1.2	5.6	4.0
Spruce white	19,8	7.3	3.8	23.2	27.4	7.0	4.4	0.3	5.0	2.9
Tamarack	20,9	7.5	2.3	23.5	23.7	23.7	9.6	23.7	23.7	23.7
Média	21,2	5.1	4.7	18.6	21.0	7.0	8.8	7.4	10.1	9.3

Conclusões

Os resultados obtidos permitiram evidenciar que é possível substituir a bomba calorimétrica pelos modelos analíticos PCS¹ e PCS², pois apresentaram valores médios similares ao Poder Calorífico Superior de referência (PCS^R) e apresentaram menores desvios em comparação com os demais. E que diferentes modelos analíticos, utilizando um mesmo tipo de biomassa, resultam em resultados diferentes.

Agradecimentos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Referências Bibliográficas

ALAKANGAS, E. Properties of wood fuels used in Finland – BIOSOUTH. Technical Research Centre of Finland, VTT Processes, Project report PRO2/P2030/05. Jyväskylä. 90p.2005 +app. 10 p.

CORDER, S. E. "Wood and Bark as Fuel." Oregon State University, Forest Research Laboratory, Corvallis. Bulletin 14. 28 p. Aug. 1973.

CORDERO, T.; MARQUEZ, F.; RODRIGUEZ-MIRASOL, J.; RODRIGUEZ, J. J. (2001) Predicting heating values of lignocellulosics and carbonaceous materials from proximate analysis. Fuel, v.80, n. 1, p. 1567-157.

CREHAY, C. & MARCHAL. D. (2004) La Filière bois –énergie. Centre Wallon de Recherches

DEMIRBAS, A. (2001) Relationships between lignin contents and heating values of biomass. Energy Conversion & Management, v. 42, n. 2, p. 183-188.

Demirbas, A.; Arin, G. (2002) An Overview of Biomass Pyrolysis. Energy Sources , 24, 471.

FERREIRA, C. Revolução Industrial : Período no qual ocorreu a mecanização do sistema de produção, entre os séculos XVII e XIV, em substituição ao trabalho artesanal. Todo estudo, 2015. Disponível em : <https://www.todoestudo.com.br/historia/revolucao-industrial>. Acesso em: 6 jun. 2019.

GUIDE DU BOIS ÉNERGIE. Rapport fin al. V. 6. 2007. 160 p.

I.E.A Global Wood Pellets Markets and Industry. Organizado pela IEA-International Energy Agency – Bioenergy Task 32. Paris, 2006. 87p.

Materials. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16. 3065– 3083. 2012.

MELEKHOV, VI, TYURIKOVA, TV, PONOMAREVA, NG. (2015). “Potencial energético da casca no programa de economia de recursos, ” Áreas de Pesquisa Atual do Século XXI: Teoria e Practice, 9-3 (20-3), 106-110.

MOLNÁR, S. (2004) Faanyagismeret (“Ciência da Madeira”), Mezőgazdasági Szaktudás kiadó, Budapeste, Hongrie.

THIPKHUNTHOD, P.; MEEYOO, V.; RANGSUNVIGIT, P.; KITIYANAN, B.; SIEMANOND, K.; RIRKSOMBOON, T. (2005) Predicting the heating value of sewage sludges in Thailand from proximate and ultimate analyses. Fuel, v. 84, n. 7-8, p. 849-857.

VARGAS-MORENO, J.M., CALLEJON-FERRE., PÉREZ- ALONSO.J. VELÁZQUESZ-MARTI, B. A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass

White RH (1987) Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. Wood Fiber Sci 19(4):446–452.

PREDIÇÃO DO VALOR CALORÍFICO DA MADEIRA E DO CARVÃO VEGETAL DE *Eucalyptus* spp.

Abinária Moura[1], Lunia Vieira[2], Ana Carolina[3], Luiz Carlos Couto[4], Fernando Paiva Scardua[5]

[1,2,3,4,5]*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (abinariamoura@gmail.com)*

Resumo

O conteúdo energético da madeira é expresso pelo seu poder calorífico. Ele representa o calor liberado pela sua combustão completa sendo expresso em MJ/kg. O seu conhecimento é de extrema importância no processo de valorização energética de qualquer combustível incluindo a madeira e esse depende essencialmente das características intrínsecas de cada um dos combustíveis e em especial a sua composição química elementar e análise química imediata. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi o de demonstrar que as correlações existentes entre as características intrínsecas da biomassa lenhosa poderão se traduzir em modelos analíticos os quais poderão fazer a predição dos seus respectivos poderes caloríficos superiores, dentro de um nível considerável de confiabilidade. Diante disso, utilizou-se nesse estudo os valores de PCS disponibilizados na bibliografia tanto para a madeira quanto para o carvão vegetal de 11 espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil e cinco modelos analíticos. No primeiro caso a característica utilizada foi o teor de lignina e no segundo caso, os valores das análises químicas imediatas, ou seja, teores de carbono fixo, matérias voláteis e cinzas. A análise dos resultados consistiu na quantificação percentual do desvio medido entre o PCS calculado e PCS, obtidos experimentalmente em uma bomba calorimétrica. A partir dos resultados obtidos para a madeira verificou-se que, os valores de desvios encontrados nos três modelos analíticos utilizados, foram da ordem de 4.1%, 4.4% e 3.9% respetivamente. Esses poderão perfeitamente serem utilizados na prática pois foram satisfatórios. Quanto aos desvios observados na predição do PCS do carvão vegetal, os modelos analíticos 1 e 5, com valores de 7.4% e 8.0% respectivamente e os demais modelos utilizados, com valores de desvios acima de 20%, não indicam níveis de confiabilidades satisfatórios e por essa razão, outros modelos analíticos poderão ser objeto de uma prospecção.

Palavras-chave. Geração de energia. Modelos Analíticos.

Introdução

O termo biomassa refere-se amplamente à matéria orgânica, originada de um processo biológico espontâneo ou induzido, que pode ser usado como fonte de energia. O seu uso representa uma alternativa potencial e tecnologicamente viável para a geração de calor e/ou cogeração de energia. Todavia, aproveitar o seu pleno potencial nesse processo de geração de calor e energia, requer o conhecimento do seu valor calorífico [24], pois este apresenta informações sobre as características físicas e químicas do material, o qual pode influenciar no

rendimento energético e na manutenção dos equipamentos que realizam os processos de combustão.

A determinação desse valor calorífico há muitas décadas vem sendo feita mediante o emprego de equipamento denominado calorímetro adiabático ou bomba calorimétrica [19], de maneira científica e sob condições padronizadas [33], expresso como Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI).

O poder calorífico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (JARA, 1989),e o poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado (BRIANE & DOAT, 1985). Na prática, se utiliza apenas o PCI (MJ/kg, Btu/libra etc. [36] uma vez que determinação do PCS é onerosa, requer tempo, pessoal capacitado e um calorímetro nem sempre estará disponível e ao alcance dos usuários [39]. Há propósito, essa foi uma das razões que motivou a comunidade científica a desenvolver modelos analíticos baseados nas características intrínsecas de diferentes tipos de biomassas, visando disponibilizar as informações consideradas a mais importante na gestão energética da biomassa. Neste contexto, foi possível atingir esse objetivo a partir de procedimentos analíticos para a predição do Poder Calorífico Superior de praticamente todos os tipos de biomassas. Esses modelos foram e ainda continuam sendo desenvolvidos e otimizados a partir do conhecimento das características dessa biomassa, tais como composição química elementar, análise química imediata, constituição química estrutural, propriedades químicas e físicas entre outras [40,41].

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi o demonstrar a eficácia de alguns modelos analíticos de predição do PCS disponíveis na bibliografia especializada para a madeira e o carvão vegetal de espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil.

Material e Métodos

A metodologia utilizada para a realização deste estudo foi concebida sob as seguintes premissas: prospecção bibliográfica para encontrar modelos analíticos aparentemente mais eficazes com base em resultados observados, definiu previamente que todas as espécies de eucaliptos (madeira e carvão) tivessem sido submetidas à determinação das mesmas características tais como composição química elementar, análise química imediata, análise química estrutural e poder Calorífico superior e que características deveriam ser realizadas em uma única Instituição de Ensino (minimizar erros).

As Espécies de eucaliptos e modelos analíticos (tabela1) utilizados na condução desse estudo foram: *E.urophylla*S. T. Blake,*E.grandis* Hill ex Maiden,*E.cloeziana* F. Muell, *Eucalyptus maculata* Hook, *Eucalyptus microcorys* F.Muell, *Eucalyptus pellita* F. Muell ,*Eucalyptus pilularis* Smith, *Eucalyptus propinqua* Deane & Maidenvar. *propinqua, Eucalyptus saligna* Smith,*Eucalyptus tereticornis* Smith e *Eucalyptus tereticornis* Smith(Fonte : Pereira et al., 2000) .

Tabela 1. Modelos analíticos utilizados para a predição do Poder Calorífico Superior.

Nº de ordem	Modelos analíticos	Autor
1	PCS(MJ/kg) = 0,0889[L]+16,8218	Demirbas (2001)
2	PCS(MJ/kg) = 0,0883[L]+16,9742	Demirbas (2001)
3	PCS(MJ/kg) = 0,0864[L]+16,6992	Demirbas (2003)
1	PCS(MJ/kg) = 3.0368 +0.2218[MV] + 0.2601[CF]	Sheng and Azevedo 2004)
2	PCS(MJ/kg) = 23.885-0.430 [Cinzas]-0.047[MV]	Jenkins and Ebeling (1985)
3	PCS(MJ/kg) = 0.1905 [MV] + 0.252[CF]	Yin, C-Y (2011)
4	PCS(MJ/kg) = 0.1905 [MV] + 0.252[CF]	Sheng and Azevedo 2005)
5	PCS(MJ/kg) = −3.0368 + 0.2218[VM] + 0.2601[FC]	Sheng and Azevedo (2005)

Em que: L=Teor e lignina (%); MV=Matérias voláteis %; CF=Carbono fixo %; Cinzas=%

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontra-se os cálculos (predição) por meio modelos analíticos específicos para cada tipo de biomassa, a tabela 2 e 4 expressa os valores de PCS para a madeira e o carvão vegetal e apresenta uma comparação destes valores obtidos para a madeira e o carvão vegetal (PCS de referência) para cada uma das espécies utilizadas no estudo. Na tabela 3 e 5 tem -se os cálculos de desvios em termos percentuais pela diferença entre o PCS calculado e o de referência procedimento esse, frequentemente utilizado por muitos pesquisadores (VARGAS-MORENO, 2012; CALLEJÓN-FERRE, 2009; CORDERO, 2001; ARIN & DEMIRBAS, 2004).

Para os resultados de predição de PCS, apresentados na Tabela 3, os quais utilizam como variável apenas o teor de lignina na madeira, foram da ordem, 4.1%, 4.4% e 3.9% respectivamente. Esses valores foram praticamente semelhantes e a escolha de um ou outro modelo não teria muito impacto. Esse fato demonstra o que já foi relatado por muitos pesquisadores, que foram unânimes em afirmar, que modelos analíticos utilizando a lignina são bastante confiáveis visto que existe uma correlação positiva entre o teor de lignina e o valor calorífico da biomassa lenhosa (VARGAS-MORENO, 2012). A lignina também é o composto de maior valor caloríficos na madeira e a propósito, o seu PCS é da ordem de 26,6 MJ/kg (DEMIRBAS 2001; 2005; ARIN & DEMIRBAS, 2004), ao passo que aquele da celulose e das hemiceluloses corresponde à 17.2 MJ/kg – 17.5 MJ/kg e 16 MJ/kg respectivamente (FRANCESCATO, 2008). De acordo com esse último autor, o PCS dos resíduos agrícolas se situa entre 16.5 MJ/kg e 19 MJ/kg.

Quanto aos valores do PCS calculados para o carvão vegetal, os mesmos apresentam seus respectivos resultados na tabela 4 e aqueles dos desvios (%) calculados são apresentados na Tabela 5. Constata-se inicialmente que os modelos analíticos 1 e 5 (SHENG & AZEVEDO, 2004) se mostraram mais apropriados se comparados aos demais. Em efeito, com valores de desvios de 7.4% e 8.0% respectivamente, a diferença percentual deste dois modelos (1 e 5) em relação aos demais é superior à 27% no que concerne à confiabilidade na predição do PCS, utilizando todos como variáveis, os resultados da análise química imediata do carvão (cinzas,

matérias voláteis e carbono fixo todas elas expressas em porcentagem). Inicialmente supôs-se que quanto maior o teor de lignina na madeira, menor o percentual de desvio calculado entre o PCS calculado e aquele de referência após a transformação da madeira em carvão. Todavia, a análise (visual) dos resultados como um todo, não corroboraram com essa suposição. A título informativo, apenas, nos dados originais, observou-se por exemplo, que para o menor desvio encontrado [*Eucalyptus pellita* (0.5%)], o teor de lignina na sua madeira foi de 24.4 % enquanto que o maior desvio (17.5%) encontrado foi para o *Eucalyptus citriodora* cujo teor de lignina na madeira foi inferior ao primeiro e da ordem 22.4%, portanto, informações conflitantes para uma suposição mais coerente.

Assim, supõe-se que no caso do carvão vegetal, outros modelos utilizando outras variáveis e até mesmo outros coeficiente e constantes nas equações poderão com base nos modelos já conhecidos, mas ainda pouco confiáveis, pode-se chegar a outros mais eficazes. Finalmente, os modelos analíticos de predição do PCS da madeira utilizando apenas a lignina foi possível para esses, observar uma correlação positiva entre o teor de lignina e o valor do PCS.

Tabela 2. Poder Calorífico Superior calculado para a madeira de eucaliptos.

Espécie	PCS(MJ/KG)	PCS (CALCULADO MJ/Kg)		
		PCS[1]	PCS[2]	PCS[3]
E.Urophylla	19.7	18.8	19.0	18.6
E.Grandis	18.6	19.4	19.5	19.2
E.Cloeziana	18.2	18.9	19.1	18.8
E.Grandis	18.3	18.9	19.1	19.7
E.Maculata	20.2	19.0	19.2	18.8
E.Microcorys	18.9	19.4	19.6	19.2
E.Pellita	19.0	19.1	19.2	18.9
E.Pilularis	20.4	19.5	19.7	19.3
E.Propinqua	19.4	19.2	19.3	19.0
E.saligna	18.3	19.7	19.9	19.5
E.Tereticornis	18.0	19.2	19.4	19.1
MÉDIA		19.2	19.4	19.0

Tabela 3: Valores dos desvios (%) calculados entre o PCS calculado e o PCS de referência para a madeira de eucalipto

Espécie	DESVIOS (%)		
	PCS[1]	PCS[2]	PCS[3]
E.Urophylla	3.7	3.7	5.4
E.Grandis	5.0	5.0	3.1
E.Cloeziana	5.0	5.0	3.1
E.Grandis	4.1	4.1	2.2
E.Maculata	5.2	5.2	6.9

E.Microcorys	3.7	3.7	1.8
E.Pellita	1.2	1.2	0.7
E.Pilularis	3.4	3.4	5.3
E.Propinqua	0.4	0.4	2.2
E.saligna	8.7	8.7	6.7
E.Tereticornis	7.8	7.8	5.8
MÉDIA	4.1	4.4	3.9

Tabela 4. Poder Calorífico Superior calculado para o carvão vegetal da madeira de eucalipto.

Espécie	PCS(MJ/KG)	PCS(CALCULADOMJ/KG)				
		PSC[1]	PCS[2]	PCS[3]	PCS[4]	PCS[5]
E. citriodora	33.8	28.0	22.4	23.7	19.5	31.7
E. grandis	27.2	28.3	22.8	24.1	19.7	32.4
E. maculata	31.2	28.2	22.7	24.0	19.6	32.3
E. microcory	28.5	28.4	23.0	24.2	19.8	32.6
E pellita	31.2	28.4	23.0	24.2	19.8	32.6
E. pilularis	31.4	28.5	23.1	24.3	19.8	33.0
E propínqua	38.2	28.3	22.8	24.2	19.7	32.8
E. saligna	29.2	28.4	23.0	24.2	19.8	32.6
E. tereticorn	28.4	28.2	22.8	24.1	19.7	32.4
E. urophylla	31.1	28.2	22.7	24.0	19.7	32.1
Média		28.3	22.9	24.1	19.7	32.4

Tabela 5. Valores dos desvios (%) calculados entre o PCS calculado e o PCS de referência para o carvão vegetal da madeira de eucaliptos.

Espécie	PCS (Referência)	Desvios (%)				
		PCS[1]	PCS[2]	PCS[3]	PCS[4]	PCS[5]
E.citriodora	33.9	17.5	34.0	34.0	42.4	6.5
E.cloeziana	32.4	12.1	28.6	28.6	38.8	1.7
E. grandis	27.7	2.1	17.5	17.5	28.8	17.1
E. grandis	27.7	1.7	17.9	17.9	28.6	14.8
E. maculata	31.2	9.7	27.3	27.3	37.1	3.7
E.microcorys	28.5	0.5	19.4	19.4	30.5	14.2
E pellita	31.2	9.1	26.4	26.4	36.6	4.6
E. pilularis	31.4	9.4	26.4	26.4	36.9	5.0
E. propinqua	32.8	13.7	30.3	30.3	40.1	0.1
E. saligna	29.2	2.9	21.3	21.3	32.2	11.5
E.tereticornis	28.4	0.6	19.7	19.7	30.6	13.9
E. urophylla	31.1	9.4	26.9	26.9	36.6	3.3

Média	7.4	24.6	24.6	34.8	8.0

Conclusões

Para as condições experimentais consideradas e utilizadas nesse estudo, a partir dos resultados obtidos, constatou-se inicialmente, que no caso do carvão vegetal, nenhum modelo analítico utilizado na predição do PCS, se mostrou nem ao menos satisfatório. A própria análise química imediata da biomassa lenhosa e em particular do carvão vegetal pela sua natureza, dependência de equipamentos calibrados e confiáveis além de rigor nas determinações, poderão ser fontes de erros experimentais. Nesse caso, a persistir nessa metodologia de predição de PCS, é necessário não só utilizar maior número de repetições para o valor de referência, mas também utilizar pelo menos duas fontes externas para a determinação destes mesmos valores e assim, dispor de maior confiabilidade. No caso da madeira, os valores de PCS obtidos a partir dos três modelos analíticos com valores de 4.1%, 4.4% e 3.9% respectivamente, poderão substituir plenamente a bomba calorimétrica pela seguinte razão. Os modelos analíticos utilizados, fazem uso de um dos componentes mais importantes da biomassa lenhosa que é a lignina e que apresenta a maior correlação com o Poder Calorífico Superior da biomassa lenhosa.

Citações

Briane e Doat (1985)
Francescato (2008)
Jara (1989)

Referências Bibliográficas

[41] Arin G.; Demirbas¸ A. Mathematical modeling the relations of pyrolyticproducts from lignocellulosic materials. **Energy Source A**; 26:1023–32, 2004.

[40] Demirbas¸ A. Calculation of higher heating values of biomass fuels. **Fuel**; 76:431–4, 1997.

[19] Erol M.; Haykiri-Acma, H.; Küc¸ ükbayrak S. Calorific value estimation of

[33] Jenkins B. M.; Baxter, L. L.; Miles, Jr. T. R.; Miles, T. R.; Combustion properties of biomass. **Fuel Process Technol**; 54:17–46.

[39] Huang, C. J.; Han, L. J.; Liu, X.; Yang, Z.Models predicting calorific value of straw from the ash content. **Int J Green Energy**; 5:533–9, 2008.

[24] Sheng, C.; Azevedo, J. L.T. Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. **Biomass Bioenerg**; 28:499–507, 2005.
VARGAS-MORENO, J. M. et al. A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 16, n. 5, p. 3065-3083, 2012.

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Eremanthus incanus* (Less.) Less. VISANDO À PRODUÇÃO DE BIOMASSA

Matheus Augusto Oliveira Souza[1], Miranda Titon[2], Rayne Cardoso da Silva[2], Joycinara Pereira de Matos[2]

[1]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, *Diamantina, Minas Gerais* (*matheus_aos@hotmail.com*),

[2]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri *Diamantina, Minas Gerais*

Resumo

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de seleção de árvores e propagação de Eremanthus incanus a partir de estacas visando à produção de biomassa, tendo em vista um melhor planejamento de futuros programas de melhoramento genético para este fim. O experimento foi realizado no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais, do Departamento de Engenharia Florestal, da UFVJM, em Diamantina, MG. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos (0, 2000, 4000, 8000 e 10000 mg L^{-1} de AIB), quatro repetições e dez estacas por repetição. Aos 45 e 60 dias avaliou-se a sobrevivência, o percentual de enraizamento e o comprimento das raízes em estacas. As concentrações 4000 e 8000 mg L^{-1} proporcionaram os maiores valores para as características avaliadas. O enraizamento de estacas retiradas de brotações de copa de árvores de candeia e a utilização de AIB demonstraram resultados positivos e promissores para a propagação clonal de matrizes selecionadas da espécie visando à produção de biomassa florestal.

Palavras-chave. Biomassa florestal. Candeia. Propagação por estaquia. Produção de energia.

Introdução

O cenário atual brasileiro é marcado pelo aumento da demanda de matéria prima florestal, sendo que este não é acompanhado pela oferta e disponibilidade deste material (COUTO et al., 2004). Diante da preocupação atual com o meio ambiente e sua preservação, visando minimizar a emissão de gases poluentes, as pesquisas vem desenvolvendo alternativas viáveis para a produção de energia, sendo que uma possibilidade é a utilização da biomassa de *Eremanthus incanus* (Less.) Less.

Pertencente à família Asteraceae e conhecida popularmente como candeia, trata-se de uma espécie de significativa importância na biodiversidade brasileira, da qual são extraídos produtos de alto valor comercial, como o óleo essencial, cujo princípio ativo é o alfabisabolol, utilizado nas indústrias cosméticas e farmacêuticas, além de ser muito utilizada como moirões, por apresentar madeira de alta durabilidade (SCOLFORO et al., 2012).

Sua madeira é conhecida como "madeira branca", devido à coloração branca ou acinzentada, com vetas escura, dura, lisa. Como característica, a madeira de candeia possui alta resistência ao apodrecimento e ao ataque de cupins e bactérias responsáveis pelo apodrecimento. Sua lenha queima com qualidade, até mesmo quando verde, a chama é clara, todavia a fumaça tem cheiro peculiar (PEREIRA, 1998).

A madeira torrada proveniente da extração do óleo da candeia apresenta poder calorífico maior que a madeira e menor do que o do carvão vegetal, com valores até 5.500 Kcal/kg (CORTEZ, 2008). O calor é um dos principais recursos utilizados no processamento da biomassa. O material apresenta baixas emissões de fumaça durante a combustão, além da vantagem de poder ser estocada por períodos mais longos que a biomassa in natura, facilitando assim seu uso doméstico. Industrialmente, pode ser aplicada como redutor de ferro devido ao alto teor de carbono fixo e no processo de gaseificação pela obtenção de gás mais limpo (LUENGO et al, 2009).

Durante o processo de produção do óleo essencial é gerado grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos, que podem ser beneficiados e utilizados para geração de energia térmica. A utilização de resíduos agroflorestais como fonte de energia funciona como uma alternativa aos combustíveis fósseis convencionais como o petróleo e o carvão mineral. De acordo com COUTO et al. (2000), a biomassa florestal possui características que permitem a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, como carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento dos óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso.

Com o intuito de selecionar materiais de biomassa florestal no setor energético de forma competitiva, pesquisadores estão desenvolvendo novas técnicas de seleção de matrizes para melhorar as propriedades da madeira. Pelos motivos apresentados e considerando a importância e ampla utilização da espécie *Eremanthus incanus*, resultados inerentes à seleção de matrizes capazes de produzir grande quantidade de biomassa são ainda incipientes. Desse modo, este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de seleção de árvores e propagação da candeia a partir de estacas visando à produção de biomassa, tendo em vista um melhor planejamento de futuros programas de melhoramento genético para este fim.

Material e Métodos

Para a realização dos experimentos, foram selecionadas árvores de um povoamento de *Eremanthus incanus*, localizadas em um antigo depósito de lixo da cidade de Diamantina, em Minas Gerais. O local foi isolado em 2002 para fins de restauração e encontra-se nas coordenadas 18º12'17'' de latitude Sul e 43º34'08'' de longitude Oeste, no Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), região do Alto Jequitinhonha, no Complexo da Serra do Espinhaço (SANTOS, 2015). O clima da região está classificado por Köppen como Cwb, tipicamente tropical, com verões brandos e úmidos entre os meses de outubro e abril, e invernos mais frescos entre os meses de junho e agosto (SANTOS, 2015).

O experimento foi realizado no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais (CIPEF), do Departamento de Engenharia Florestal, da UFVJM, em Diamantina, MG. As estacas de candeia foram coletadas em novembro de 2018, em árvores localizadas na área

experimental, a partir de brotações localizadas em porções basais das copas das árvores, e que não apresentassem sinal de floração ou a presença de aquênios. O material coletado foi acondicionado em baldes contendo água, visando evitar a perda de turgescência até o preparo das estacas. As estacas foram preparadas seguindo o padrão de comprimento de 13 centímetros e reduzindo a sua área foliar em 50%, deixando apenas de 2 a 3 pares de folhas.

A região basal das estacas foi mergulhada em solução de ácido indolbutírico (AIB) por trinta segundos, dissolvido em hidróxido de sódio (NaOH) a 1 mol L^{-1}, acrescido de água destilada. Foram utilizadas cinco concentrações de AIB (0, 2000, 4000, 8000 e 10000 mg L^{-1}).

Logo após serem submetidas aos tratamentos, as estacas foram transplantadas para os tubetes plásticos de volume de 180 cm³, com inserção de aproximadamente 3 cm da região basal da estaca no substrato. O substrato era composto por 70% vermiculita e 30% casca de arroz carbonizada, acrescido de 8 g L^{-1} Osmocot® (15-9-12) com liberação lenta de 5 a 6 meses. Após este procedimento, o experimento foi mantido em casa de vegetação coberta com plástico filme e com irrigações controladas diariamente com duração de 30 segundos a cada 20 minutos.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos (concentrações de AIB), quatro repetições e dez estacas por repetição.

Após 45 dias, o experimento foi avaliado 50% das estacas de todas repetições, escolhendo de maneira aleatória, e aos 60 dias foram avaliadas o restante das estacas do experimento. Foram avaliados a porcentagem de enraizamento, a porcentagem de sobrevivência e o comprimento da raiz.

As variáveis foram submetidas à análise de variância após terem atendido as pressuposições de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Teste de Bartlett). Quando significativo, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância, com auxílio do pacote ExpDes.pt versão 1.2.0 (FERREIRA et al., 2018), utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018).

Resultados e discussão

Tabela 1 – Taxa de sobrevivência, taxa de enraizamento e comprimento das raízes aos 45 e 60 dias em cada concentração de AIB.

Concentrações AIB (mg L^{-1})	Taxa de sobrevivência (%)		Taxa de enraizamento (%)		Comprimento das raízes (cm)	
	Tempo (dias)					
	45	60	45	60	45	60
0	20	5		0		0
2000	5	5		5		1,1
4000	35	10		5		2,2
8000	20	5		5		4,2
10000	0	0		0		0

De acordo com a estatística, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as concentrações de AIB para a sobrevivência das estacas de candeia aos 45 dias. O tratamento 4000 mg L^{-1} obteve

o melhor resultado, apresentando 35% de sobrevivência das estacas. Os tratamentos 2000 e 10000 mg L^{-1} não apresentaram sobrevivência. (Tabela 1).

Não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as concentrações de AIB para a sobrevivência das estacas de candeia aos 60 dias. Apesar de não ter diferido estatisticamente, observou-se que o tratamento 4000 mg L^{-1} obteve maior média, apresentando 10% de sobrevivência das estacas. (Tabela 1)

A capacidade de sobrevivência de materiais adultos lenhosos pode estar diretamente relacionada com o conteúdo hormonal, cofatores, substâncias inibidoras e carboidratos, além das características do tecido. Desta maneira, tem-se que estacas semi-lenhosas possuem maior quantidade de reservas, assim essas estacas ficam na casa de vegetação vivas por um período prolongado, sem raízes.

Outro fator que favorece a sobrevivência das estacas são as condições ambientais controladas, que garantem a manutenção da sobrevivência dos propágulos vegetativos até que se tenha a formação das raízes (WENDLING; XAVIER, 2005). Vale ressaltar que a sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação não garante o sucesso no enraizamento, mas é um fator importante para que se alcance este objetivo (IRITANI; SOARES, 1983).

No geral, foi possível observar neste experimento baixa sobrevivência das estacas e esse fato pode ser explicado devido à realização da coleta ter sido no final do período de floração. Por esse motivo, a matriz possivelmente sofreu um desequilíbrio hormonal, inviabilizando a sobrevivência das estacas. Outra possível alternativa para a produção de miniestacas, segundo Wendling e Xavier (2001) e Wendling et al. (2003), é a implantação de jardins miniclonais, com minicepas rejuvenescidas, permitindo a obtenção de maior vigor e qualidade dos brotos produzidos para propagação clonal por miniestaquia, principalmente em relação ao maior potencial de enraizamento, visto o maior grau de juvenilidade.

Não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre as concentrações de AIB no enraizamento das estacas de candeia aos 60 dias. Apesar de não ter diferido estatisticamente, observou-se que as concentrações 2000, 4000 e 8000 mg L^{-1} obtiveram enraizamento de 5% das estacas. Já os tratamentos sem o regulador de crescimento e na concentração mais alta (10000 mg L^{-1}) o enraizamento não ocorreu. (Tabela 1)

Paiva e Gomes (2001) afirmaram que os problemas apresentados por materiais adultos são a produção de substâncias inibidoras do enraizamento e a lignificação, especialmente nas espécies de difícil enraizamento, que podem formar um anel de esclerênquima contínuo. Estacas provenientes de plantas jovens enraízam com maior facilidade e esse fato está relacionado com o maior número de cofatores do enraizamento e menor conteúdo de agentes inibidores (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005).

Segundo Hartmann et al. (2011), a aplicação de auxinas em estacas favorece a formação e o crescimento de raízes até certo nível, a partir do qual qualquer acréscimo se torna inibitório.

A variação no enraizamento pode ser atribuída à constituição genética dos materiais, ao estado nutricional das estacas, à sanidade e à época de colheita das estacas (ANTUNES et al., 2000). Verger et al. (2001), além de recomendarem o rejuvenescimento de plantas-matrizes para

retirar as estacas, advertem que fatores climáticos naturais, como temperatura e fotoperíodo, também podem explicar efeitos de maior ou menor sucesso em estaquia, o que sugere repetir os experimentos em anos subsequentes, para um melhor entendimento da espécie.

De acordo com a estatística, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para o comprimento das raízes de candeia aos 60 dias. No entanto, observou-se que o tratamento 8000 mg L-1 proporcionou a maior média para o comprimento das raízes das estacas, apresentando o valor de 4,2 cm. (Tabela 1)

Uma provável explicação para o comprimento das raízes (Figura 1) é a utilização do AIB, confirmando a observação feita por Dutra, Kersten e Fachinello (2002), de que o AIB interfere na qualidade e quantidade de raízes produzidas. Hartmann et al. (2011) afirmaram que o AIB estimula as plantas a produzirem raízes maiores, mais vigorosas e fibrosas. Sugere-se também que houve um incremento em raízes finas, que por apresentarem uma maior superfície de absorção, são responsáveis pela absorção de água e nutrientes (LOPES et al., 2010), sendo um fator importante para o desenvolvimento das mudas (FREITAS, 2007).

Já na concentração de 10000 mg L^{-1} (tabela 1), onde não ocorreu enraizamento, o AIB pode ter apresentado níveis tóxicos para as estacas, o que pode ser evidenciado pelo aumento da mortalidade das mesmas. Concentrações excessivas de auxina podem inibir o desenvolvimento radial e causar o amarelecimento e queda das folhas, além de necrose na base da estaca, ocasionando sua morte (HARTMANN et al. 2011).

Figura 1 – Comprimento de raízes em estacas de *Eremanthus incanus* submetidas às concentrações de 2000 (A), 4000 (B) e 8000 mg L^{-1} (C) de AIB.

Fonte: Autor (2019)

Conclusões

O enraizamento de estacas retiradas de brotações de copa de árvores de candeia e a utilização de AIB demonstraram resultados positivos e promissores para a propagação clonal de matrizes selecionadas visando à produção de biomassa florestal. Novos estudos para aprimoramento da técnica de estaquia da espécie são recomendados.

Agradecimentos

FAPEMIG e UFVJM

Referências Bibliográficas

ANTUNES, L. E. C.; CHALFUN, N. N. J.; REGINA, M. A. (2000) Propagação de cultivares de amoreira-preta (Rubu s spp) através de estacas lenhosas. *Revista Brasileira Fruticultura,* v.22, n.2, p.195-199.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (2008) *Biomassa para energia.* Campinas: Editora Unicamp., 2008.

COUTO, L. C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, F. L.; CÂMARA, D. (2004) Vias de Valorização Energética da Biomassa. *Biomassa & Energia* , Viçosa, V. 1, N. 1, pp. 71 – 92.

COUTO, L.; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D. (2000) *O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos ciais e ambientais.* Belo Horizonte: CEMIG, 44p.

DUTRA, L. F.; KERSTEN, E.; FACHINELLO, J. C. (2002) Época de coleta, ácido indol butírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. *Scientia Agrícola, Piracicaba,* v. 59, n. 2, p. 327-333.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (2005) Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa. 221 p.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. (2018) ExpDes.pt: Experimental Designs pacakge (Portuguese). *R package version* 1.2.0. Disponível em: < https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html>.

FREITAS, T. A. S. (2007) Produção de mudas de eucalipto em recipiente aberto e fechado. 91 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes–RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

HARTMANN, H. T; KESTER, D. E; DAVIES JR, F. T; GENEVE, R. L. (2011) Plant propagacion: principles and practices. 8. *Ed. New Jersey:* Prentice Hall. 915p.

IRITANI, C.; SOARES, R. V. (1983) Indução do enraizamento de estacas de *Araucaria angustifólia* através da aplicação de reguladores de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, 1982, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBS. p. 313-317.

LUENGO, C.A.; FELFLI, F.E.F.; BEZZON, G. (2009) Pirólise e Torrefação da biomassa. In: *Biomassa para energia.* C. 10, P Editora???? pp. 333-351.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. (2001) Propagação vegetativa de espécies florestais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. (Série Cadernos Didáticos, 83)

PEREIRA, A.A.S. (1998) *Nutrição e adubação de candeia*. Lavras: Editora UFLA. 22p.

R:A Languageand Environmentfor Statistical Computing (2018) Vienna, Austria:R Foundationfor Statistical Computing. Disponívelem:<https://www.R-project.org/>. Acessoem:28fev.de2019.

SANTOS, L. G. (2015) Dinâmica de *Eremanthus incnus* (Less) em uma área em recuperação no município de Diamantina – MG. 2015. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, MG.

SCOLFORO, J. R. S. (2012) *O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais*. Editora. UFLA, Lavras, pp.19-27.

VERGER, M. (2001) Bouturage horticole des ligneux. Revue Horticole PHM, n.431, p.27-29.

WENDLING, I.; XAVIER, A. (2001) Gradiente dematuração e rejuvenescimento aplicado emespécies florestais. Floresta e Ambiente, v.8, n.1, p.187-194.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N. (2003) Influência da miniestaquia seriada no vigor deminicepas de clones de Eucalyptus grandis.Revista Árvore, v.27, n.5, p.611-618.

QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO EM UM POVOAMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO MUNICÍPIO DE RUBIM – MG

André Pereira Fernandes[1], Ana Janaina Alves Paz[1], Christiene Karine Ferreira[1], Ana Luíza de Aguilar Duarte[1], Marcio Leles Romarco de Oliveira[1]

[1]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, *Diamantina, Minas Gerais (andre290397@hotmail.com)*

Resumo

As florestas têm sua importância destacada graças à capacidade natural dos vegetais de sequestrar dióxido de carbono da atmosfera por meio da fotossíntese, e fixá-lo sob a forma de carbono na matéria lenhosa. O objetivo do presente trabalho foi quantificar o estoque de carbono de uma área de Floresta Estacional Semidecidual no município de Rubim-MG. Os dados para realização deste trabalho foram coletados mediante inventário florestal, identificando as espécies, medindo o DAP e estimando a altura. Para o método de amostragem utilizaram-se parcelas de área fixa. Foram lançadas 14 parcelas de 1000 m² (20 x 50 m) em uma fazenda de 50 hectares. De acordo com os resultados, verificou-se que o estoque de carbono nas áreas de estudo foi inferior quando comparado com outros estudos semelhante. Porém, ressalta-se a sua importância como sumidouro de carbono que, consequentemente contribui para minimizar os Gases de Efeito Estufa (GEE) presentes na atmosfera.

Palavras-chave: Inventário Florestal, Captura de Carbono, Estoque de Carbono.

Introdução

O crescimento tecnológico-populacional está cada vez mais rápido, porém de maneira não sustentável. Este fator tem produzido, em curto espaço de tempo, impacto profundo sobre os ecossistemas, causados por ações antrópicas, este quase sempre relacionado à agricultura ou pecuária (VACCARO, 1997).

A Mata Atlântica é considerada um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta. Mas o alto grau de devastação e fragmentação florestal a que vem sendo submetida se reflete nos números de espécies ameaçadas (BACKES, 2004).

O bioma Mata Atlântica contempla as formações florestais Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2011). Neste contexto, quando apenas aproximadamente 20% a 50% das árvores do estrato superior perdem as folhas, é classificada como Floresta Estacional Semidecidual (BRUN, 2007).

O desmatamento e as queimadas contribuem para agravar o efeito-estufa, uma vez que liberam o CO2 para a atmosfera. Mas, quando se conservam, preservam, recuperam ou plantam florestas, ocorre um processo inverso devido ao surgimento de um sumidouro de carbono, uma

vez que as florestas removem parte do CO2 da atmosfera através do processo de fotossíntese, promovendo o chamando "sequestro de carbono" (SILVA *et al.*, 2008).

Fernandes *et al*. (2007) destacam que dessa forma, as plantas lenhosas armazenam carbono em madeira e outros tecidos até a morte e a decomposição. Nesta fase, o carbono na madeira poderá ser desprendido na forma de gás carbônico, monóxido de carbono, ou metano, ou poderá ficar incorporado no solo como substância orgânica.

Dentro deste cenário, a relevância das florestas como forma de redução de GEE, por meio da bioacumulação em seus tecidos, atingiu *status* como a principal forma de mitigação do aquecimento global de imediato. Neste sentido, surgiu uma nova demanda direcionada para as pesquisas de restauração e dinâmica de florestas naturais, que é a de quantificar o potencial destes ecossistemas florestais e discutir a eficácia na redução dos níveis de CO2 atmosférico (MELO e DURIGAN, 2006).

Consequentemente, o conhecimento dos parâmetros de uma floresta fornece valiosas informações quantitativas e qualitativas para a tomada de decisões e aplicabilidade de medidas compensatórias em relação às emissões de gás carbônico, e na quantificação da biomassa florestal, favorecendo a compensação dos danos causados ao meio ambiente, através da recomposição de florestas degradadas (MEDEIROS, 2004).

O presente trabalho teve como objetivo principal a quantificação do estoque de carbono em um povoamento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Rubim –MG.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Padre Eustáquio, situada no município de Rubim, Minas Gerais, localizada nas coordenadas 16° 22' 30" S e 40° 32' 16" O. Essa área está inserida na microrregião de Almenara e mesorregião do Jequitinhonha. A área inventariada da Fazenda possui aproximadamente 50 hectares.

A vegetação da região se caracteriza pela forte transição dos Biomas Cerrado e Mata Atlântica. A principal tipologia florestal observada na área foi a Floresta Estacional Semidecidual em estágios sucessionais inicial, médio e pastagens sujas e limpas (VELOSO, 1991). O clima segundo a classificação de Köppen, é Aw, o que corresponde ao Clima Tropical Úmido, com inverno seco e um verão chuvoso.

Amostragem e coleta dos dados

Os dados para realização desse estudo foram coletados mediante inventário florestal com parcelas de área fixa. Para a amostragem foram alocadas 14 parcelas de 1000 m² (20 x 50 m). Cada vértice da parcela foi demarcado com estaca de madeira tingida de spray vermelho, e esses vértices unidos por barbantes brancos. Utilizou-se o GPS (Sistema de Posicionamento Global) para orientação do caminhamento e alinhamento das parcelas. Para medição das distâncias entre os vértices usou-se uma trena. Na coleta de dados em campo foram mensurados indivíduos com circunferência à altura de 1,30 do solo (*CAP*) maior ou igual a 15,7 cm, ainda,

descritos os nomes de cada espécie e a estimativa da altura total. No caso de árvores bifurcadas tendo apenas um dos fustes no critério de inclusão, os demais fustes também foram mensurados.

A identificação botânica dos indivíduos foi realizada em campo. Para as espécies identificadas nessa ocasião foram retiradas amostras para consultas na literatura e comparação de outros trabalhos já realizados em ambientes semelhantes. Todo o material foi identificado, sempre que possível, até o nível de espécie.

Análise dos dados

Inicialmente foi realizada a tabulação das fichas de campo e gerado um arquivo base com os esses dados. O software utilizado para o processamento dos dados foi o Excel (2007).

Quantificação de biomassa e estoque de carbono

Para a quantificação do estoque de carbono presente em cada árvore foi calculada a biomassa e posteriormente transformada em carbono.

A determinação da biomassa da madeira presente no fuste de cada árvore foi estimada pela multiplicação da densidade da madeira pelo volume total com casca

$$B = d * VTCC$$

em que: B = biomassa do fuste (kg); d = densidade da madeira (kg/m3); e $VTCC$ = volume total com casca (m³).

A densidade básica da madeira foi definida por consulta à literatura, em livros especializados. Foi definida a densidade por espécie e quando não encontrada essa foi determinada por uma média das outras densidades listadas.

Quanto à transformação da biomassa em carbono, o ideal seria realizar uma análise de teor de carbono por componente (folhas, tronco, galhos e raízes). Porém, normalmente é empregado um teor fixo de 50% de carbono (MACKDICKEN, 1997), devido principalmente aos custos de análise e, também, porque de uma forma geral não são encontradas grandes diferenças nos teores de carbono entre as espécies dentro de um mesmo componente (MIRANDA, 2008).

Resultados e Discussão

Neste inventário foram registrados 620 indivíduos pertencentes a 10 famílias, 32 gêneros e 34 espécies. As quatro espécies mais encontradas foram *Schinopsis* sp. (221), *Piptadenia moniliformes* (63), *Miroxylon peruiferum* (56), *Macrosiphonia velame* (48).

Os estoques de biomassa total foi 25.042,89 kg e de carbono total foi de 12.521,45 kg. As espécies que contribuíram para os maiores estoques foram *Schinopsis* sp. (43,72%), *Macrosiphonia velame* (11,71%), *Miroxylon peruiferum* (11,02%), *Piptadenia moniliformes* (8,18%), *Samanea inopinata* (4,18%), isso devido à alta densidade básica da madeira de algumas espécies e alta densidade e frequência de outras. Na Tabela 1 estão registrados os estoques de biomassa e carbono para cada espécie.

Tabela 1. Estoque de biomassa e carbono em kg para as espécies amostradas.

Espécie	Densidade da madeira (kg/m³)	Biomassa (kg)	Carbono(kg)
Acacia glomerosa	750 (CARVALHO, 2003)	310,02	155,01
Albizia niopoides	765 (CARVALHO, 2003)	216,39	108,19
Anadenanthera falcata	800 (CARVALHO, 2003)	28,01	14,01
Apuleia leiocarpa	844 (PAULA et a.,2007)	32,64	16,32
Aspidosperma sp.	830 (LORENZI, 2002)	153,20	76,60
Cassia ferruginea	500 (LORENZI, 2002)	80,85	40,42
Celtis iguanea	770 (LORENZI, 2002)	298,95	149,47
Celtis spinosa	761,3*	9,02	4,51
Chloroleucon tortum	761,3*	47,68	23,84
Dendropanax cuneatus	761,3*	204,64	102,32
Elephantopus molles	761,3*	56,39	28,20
Enterolobium Contortisiliquum	540 (LORENZI, 2002)	371,56	185,78
Gaurea guidonia	760 (LORENZI, 2002)	110,09	55,05
Guazuma ulmifolia	571 (PAULA et al., 2007)	178,11	89,06
Handroanthus serratifolius	820 (PAULA et al., 2007)	977,34	488,67
Holocalyx balansae	920 (LORENZI, 2002)	74,00	37,00
Lecythis lanceolata	1010 (LORENZI, 2002)	23,13	11,56
Ludwigia sp.	761,3*	16,34	8,17
Machaerium sp.	895 (CARVALHO, 2003)	34,20	17,10
Maclura sp.	880 (LORENZI, 2002)	514,95	257,47
Macrosiphonia velame	761,3*	2934,16	1467,08
Malouetia cestroides	590 (LORENZI, 2002)	31,48	15,74
Miroxylon peruiferum	761,3*	2760,09	1380,05
Miroxylon sp.	761,3*	29,41	14,70
Myracrodruon urundeuva	1190 (LORENZI, 2002)	259,24	129,62
NI	761,3*	473,24	236,62
Parkia multijulga	520 (PAULA et al., 2007)	268,85	134,42
Patagonula bahiensis	880 (LORENZI, 2002)	62,34	31,17
Piptadenia moniliformes	840 (LORENZI, 2002)	2050,73	1025,36
Plinia sp.	761,3*	405,13	202,57
Pterocarpus violaceus	550 (LORENZI, 2002)	10,70	5,35
Samanea inopinata	610 (CARVALHO, 2003)	1047,83	523,91
Schinopsis sp.	761,3*	10949,20	5474,60
Zanthoxylum sp.	675 (CARVALHO, 2003)	22,98	11,49
Total		**25042,89**	**12521,45**

*Média aritmética das densidades.

Em média cada árvore estocou 40,40 kg de biomassa. Quando comparado ao trabalho de FEREZ (2010) que calculou uma média de 20,70 kg de biomassa para um plantio de restauração na Mata Atlântica verifica-se que a estocagem de biomassa do presente trabalho é superior. Isso, provavelmente, devido à idade do plantio que era apenas de seis anos, tendo assim menor capacidade de acúmulo de biomassa.

Considerando a biomassa total média das árvores de 17,90 ton/ha os níveis de estoque são baixos quando comparados ao estudo na capoeira na Zona da Mata Mineira que constatou uma média de 38,99 ton/ha (RIBEIRO, *et al*., 2010). Essa diferença pode ser atribuída ao nível de estabelecimento da floresta. Isto porque a área de estudo concentra árvores nas menores

classes de *DAP* e a área possivelmente está sujeita a efeito de borda, uma vez que, existem pastagens próximas a área de estudo, dificultando o maior acúmulo de biomassa das árvores.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o estoque de carbono nessa área é inferior quando comparado a estudos similares. Contudo, verifica-se a importância das florestas como sumidouros de carbono, o que pode diminuir os Gases de Efeito Estufa (GEE) presentes na atmosfera.

Referências

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004. il.; 396 p.

BRUN F.G.K. **Dinâmica do carbono orgânico em espécies arbóreas de uma Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul, RS.** 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

EXCEL, M.O. **Programa de planilha eletrônica.** 2007.

FEREZ A.P.C. **Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica.** 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

FERNANDES, T.J.G.; SOARES C.P.B.; JACOVINE L.A.G.; ALVARENGA A.P. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore,** Viçosa, v.31, n.4, ago. 2007.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Lei da Mata Atlântica.** Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br>, acessado em 30 de maio de 2011.

MEDEIROS, J. A. F. **Quantificação de biomassa e carbono orgânico na regeneração natural de Floresta Ombrófila Mista – Nova Prata, RS**. 2004. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MELO, A. C. G. e DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis.** n. 71, p. 149-154, agosto 2006.

MIRANDA, D.L.C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. 2008. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

RIBEIRO, S.C.; RIBEIRO S.C.; JACOVINE L.A.G.; SOARES C.P.B.; MARTINS S.V.;, NARDELLI A.M.B.; SOUZA A.L. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore,** Viçosa-MG, v.34, n.3, p.495-504, 2010.

SILVA, R. F. da; SOARES C.P.B.; JACOVINE L.A.G.; SILVA M.L. da; LEITE H.G.; SILVA G.F.da. Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 32, n. 6, dez. 2008.

VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza - RS**. Santa Maria, 1997. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. (1991). **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 123 p.

REDUÇÕES NA BIOMASSA EM ÁREAS DE CONCESSÃO FLORESTAL NA AMAZÔNIA

Leilson Ferreira Gomes[1], Ricardo Seixas Brites[1], Hudson Franklin Pessoa Veras[2], Erica Karolina Barros de Oliveira[3], Rosiane Rezende dos Anjos[4].

[1]Universidade de Brasília, Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica - Instituto de Geociências. Brasília - DF, Brasil. e-mail: leilsonferreiragomes@gmail.com;

[2]Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Curitiba - PR, Brasil.

[3]Universidade de Brasília, Pós-Graduação em Ciências Florestais, Brasília - DF, Brasil.

[4]Faculdade Educacional da Lapa, Pós-Graduação em Direito Ambiental e Sustentabilidade, Belo Horizonte - MG, Brasil.

Resumo

O Brasil tem a obrigação de conhecer o nível de sustentabilidade das florestas manejadas e de propor medidas adequadas para atender a Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD), visto a responsabilidade que o país possui sobre uma das maiores reservas mundiais de biodiversidade e de carbono em forma de biomassa. O objetivo desta pesquisa foi avaliar as reduções da biomassa nos estratos da estrutura vertical da floresta, associadas ao Plano de Manejo Florestal Madeireiro Sustentável na Floresta Nacional do Jamari, Rondônia. Os dados foram coletados antes e após a exploração em dez parcelas permanentes, segundo a metodologia da Rede de Monitoramento da Dinâmica de Florestas na Amazônia (REDEFLOR). Os resultados demonstraram claramente que a exploração não alterou de forma significativa a floresta, dentro dos parâmetros avaliados, sugerindo que a intensidade da exploração e as técnicas de impacto reduzido, foram suficientes para manter a biomassa da floresta original, ratificando o princípio da sustentabilidade dos planos de manejo florestal sustentável.

Palavras-Chave. Exploração Florestal. Floresta Tropical. Parâmetros Estruturais. Sustentabilidade.

1 Introdução

A floresta Amazônica responde sozinha por cerca de 1,5% da produção global de dióxido de carbono (BRASIL, 2012), isso a torna, ao mesmo tempo, uma significativa emissora e sumidouro de CO_2 e reserva de carbono em forma de biomassa. A contribuição do Brasil para a mudança climática tem repercussões mundiais. Com base nos dados da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) para 2005, o Instituto de Recursos Mundiais (WRI, 2011) posicionou o Brasil como o 4º maior emissor anual de gases de efeito estufa (GHG) no mundo, respondendo por 6,47% do total mundial. Cerca de 75% das emissões de CO_2 do Brasil são gerados pelo desmatamento e a mudança no uso da terra, sobretudo na Amazônia (ANTUNES, 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de madeira tropical e a Amazônia brasileira é a principal região fornecedora do país. Isto representa: a) um grande potencial no mercado mundial quanto à exportação de madeira tropical (SILVA, et al., 2012) e, consequentemente, b) novas áreas submetidas ao manejo florestal madeireiro sustentável na Amazônia. Atualmente, cerca de 1 milhão de hectares de floresta públicas federais estão sobre concessão (SFB, 2018).

O Manejo Florestal sustentável surge como a melhor alternativa para garantir uma produção continua dos recursos naturais em florestas tropicais, mas pouco se sabe sobre o nível de impacto desta atividade e a capacidade de resiliência das florestas manejadas. Fatores determinantes na sustentabilidade ecológica. Sendo assim, o Brasil passa ter a obrigação de conhecer o *status* de sustentabilidade das florestas manejadas e de propor medidas adequadas para atender a Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD), visto a responsabilidade que o país possui sobre uma das maiores reservas mundiais de biodiversidade e de carbono em forma de biomassa.

As alterações no fluxo de carbono, causadas pela extração seletiva de madeira, dependem dos estoques originais de carbono na biomassa florestal, da intensidade da exploração madeireira, da qualidade do manejo madeireiro e da taxa de regeneração após a exploração de madeireira. As informações obtidas através dos inventários, sobre as estruturas da floresta são as maiores ferramentas para avaliação do potencial e definição de estratégias para o manejo (COSTA et al., 2002). Assim, a temática tem despertado interesse particular nos estudos florestais quanto às modificações na estrutura florestal (VERAS, 2012).

A administração dos ecossistemas florestais, requer informações que descrevam a estrutura da floresta para melhorar as estimativas de estoques de biomassa e carbono associadas com a Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD) nas florestas nativas na Amazônia (SHENG et al., 2018). Contudo, tem-se poucos estudos sobre as perdas de carbono causadas pela exploração madeireira e, como tal, uma grande incerteza quanto à potencial mitigação de carbono para REDD por meio do manejo da exploração seletiva de madeira tropical (ANDERSEN et al., 2014; MEYER et al., 2013).

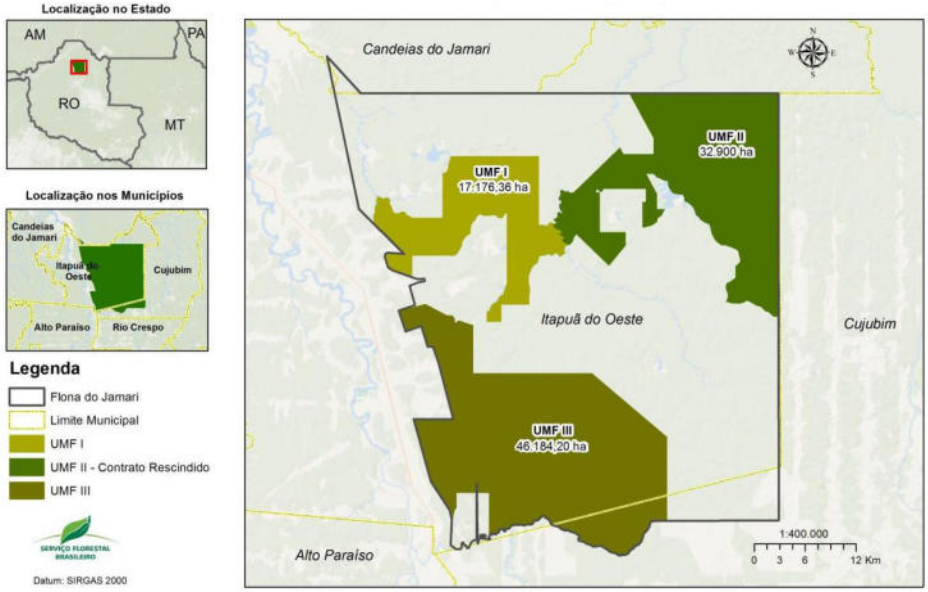
Neste contexto, esta pesquisa visa contribuir com o manejo florestal sustentável em florestas tropicais a partir da avaliação de um Plano de Manejo Florestal Madeireiro Sustentável em uma unidade de conservação na Amazônia, através de diagnósticos mais precisos acerca dos impactos na biomassa fresca acima do solo.

2 Material e Métodos

O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Jamari (Flona do Jamari), localizada no estado de Rondônia, (S 09° 00' 00" a 09° 30' 00" e W 62° 44' 05" a 63° 16' 54") (Figura 1). A Flona foi mecanicamente explorada, com uso de trator florestal, tratamentos silviculturais e técnicas de manejo florestal de impacto reduzido (microzoneamento, planejamento da exploração, seleção de espécies e corte direcionado das árvores). Os dados de campo foram extraídos do conjunto de parcelas permanentes, instaladas e medidas, pelos concessionários do SFB (Serviço Florestal Brasileiro). No total foram consideradas 10 parcelas permanentes localizadas na Unidade de Manejo Florestal (UMF) I e III, da Floresta Nacional do Jamari, sendo que todas as parcelas foram medidas aproximadamente um ano antes e um ano após a

exploração florestal. Adotou-se a metodologia da REDEFLOR (Rede de Monitoramento da Dinâmica de Florestas na Amazônia) (IBAMA, 2006), tanto para instalação como medição nas parcelas. Os vértices destas parcelas foram obtidos com o uso de equipamento GNSS de navegação.

Figura 1. Mapa de localização da Floresta Nacional do Jamari, Rondônia.



Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (SFB), 2018.

Com base nos dados coletados em campo, foi calculado a AGB para caracterizar os estratos estudados na Floresta Nacional do Jamari. A AGB (Mg) foi estimada para cada parcela usando uma equação alométrica desenvolvida para uma floresta semelhante no sul da Amazônia (NOGUEIRA, et al., 2008) (Equação 1).

$$AGB = \exp(-1{,}716 + 2{,}413.\ln(DAP))/1000 \quad (1)$$

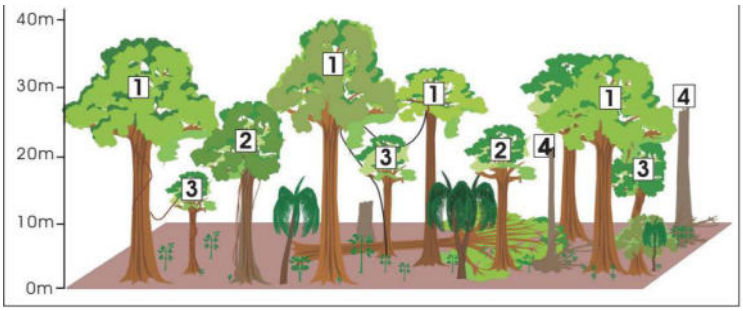
Em que: AGB é a biomassa fresca acima do solo (inclui casca, tronco, ramos, folhagens e matéria orgânica) ($Mg.ha^{-1}$); DAP: diâmetro a 1,30m acima do solo (cm).

Como não há um consenso sobre a metodologia mais adequada para descrever a estrutura vertical das comunidades florestais, optou-se nesse trabalho por desenvolver uma metodologia que fosse adequada para representar a clara estratificação verificada em campo. A análise da estratificação da floresta foi realizada com base nos dados de iluminação de copa obtidos para cada indivíduo, onde foi verificada, em campo, a presença ou ausência de copa de outras árvores sobre a sua própria. Quando existia copa de outras árvores sobre o indivíduo, este foi classificado como receptor de luz solar difusa ou parcialmente iluminada, e em caso contrário, o indivíduo foi classificado como receptor de luz solar direta (SILVA et al., 1996).

A variável iluminação da copa descreve a quantidade de luz recebida pelas copas, assim como, o grau de competição existente entre copas de árvores vizinhas. Esta variável é importante, pois, representa um dos fatores que afetam significativamente o crescimento (IBAMA, 2006). Na avaliação da iluminação das copas, somente as árvores vivas e em pé (completas ou quebradas) com DAP ≧ 10 cm, foram consideradas. Com base nos critérios de

iluminação de copa, a floresta foi segmentada em três estratos verticais: 1 - Dossel, 2 - Intermediário, 3 - Sub-bosque (Figura 2).

Figura 2. Categorias de iluminação das copas. 1 - Copa emergente ou completamente iluminada; 2 - Copa parcialmente iluminada/parcialmente coberta por árvores superiores; 3 - Copa recebendo luz difusa/totalmente coberta por árvores superiores; 4 - sem copa.



Fonte: IBAMA, 2006.

Para efeito da análise estatística, admitiu-se o Delineamento Inteiramente Casualizado, com 2 fontes de variação: Ambientes (floresta não explorada e floresta explorada) e Estratos (dossel, estrato intermediário e sub-bosque), e 10 repetições cada, onde o experimento foi montado segundo um esquema fatorial. Para as variáveis em estudo, foram aplicados os testes de normalidade de Lilliefors (LILLIEFORS, 1967) e teste de homogeneidade das variâncias de Barllet (BARTLETT, 1937). Os resultados obtidos, antes e após a exploração, foram submetidos às análises de variância (ANOVA), para a verificação da existência de diferenças significativas entre as médias das variáveis estudadas, sendo as médias discriminadas pelo Teste Tukey em nível de 1 e 5% de probabilidade. O processamento e análise estatística dos dados foram realizados por meio do programa computacional R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012) e GENES (CRUZ, 2013).

3 Resultados

As estimativas AGB, segundo a estratificação vertical da floresta, constam nas Tabela 1. Antes da intervenção a média da biomassa florestal foi de 239,0677 $Mg.ha^{-1}$, onde 135,1765 ± 32,79 $Mg.ha^{-1}$ (56,5%) pertencem ao dossel, 74,7535 ± 11,16 $Mg.ha^{-1}$ (31,3%) ao estrato intermediário, 29,1377 ± 6,70 $Mg.ha^{-1}$ (12,2%) ao sub-bosque. Observa-se que após a colheita seletiva de madeira houve reduções de 13,6585 $Mg.ha^{-1}$ (10,1%) na biomassa do dossel florestal. Já no sub-bosque essa redução foi de 7,9349 $Mg.ha^{-1}$ (27,2%). O estrato intermediário apresentou um crescimento de 0,2379 $Mg.ha^{-1}$ (0,3%).

Tabela 1. Média e Erro padrão da média da AGB nos estratos antes e após a exploração.

Est.	Antes da Exploração AGB ($Mg.ha^{-1}$)	Após a Exploração AGB ($Mg.ha^{-1}$)	Alteração AGB ($Mg.ha^{-1}$)
1	135,1765±32,79	121,5180 ±29,16	-13,6585
2	74,7535 ±11,16	74,9914 ±10,19	0,2379
3	29,1377 ±6,70	21,2028 ±4,13	-7,9349
Total	**239,07±29,21**	**217,71 ±25,36**	**-21,36**

Os dados atenderam à pressuposição de normalidade pelo teste de Lilliefors, ou seja,

os dados seguem a distribuição normal. O teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett da AGB de ambos os ambientes, apresentaram p-valor < 0,01, nestes casos rejeita-se a hipótese de homogeneidade. Apesar dos resultados obtidos, a análise estatística não apontou diferenças significativas (P<0,01) na biomassa (AGB) entre as florestas não explorada e explorada pelo o teste F (Tabela 2). Essa diferença significativa prevaleceu entre os estratos nos níveis de significância de P<0,01 e P<0,05.

Tabela 2. Resumo das análises de variâncias da AGB para os ambientes avaliados.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios da AGB (Mg.ha^{-1})
Florestas	2	760,10^{ns}
Estratos	1	53251,23**
Florestas x Estratos	2	243,88^{ns}
Resíduo	54	3693,44
Médias		76,13
CV(%)		79,83

(**) Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste F. (ns) não-significativo, pelo teste F.

Estes resultados foram diferentes dos resultados encontrados por Pinto (2008) e Martins et al. (2003), mostram que a exploração florestal alterou significativamente a floresta, principalmente entre biomassa das espécies de interesse comercial, predominantes no dossel florestal.

O teste de Tukey apresentou diferença significativa entre os estratos (Tabela 3), mostrando a superioridade da biomassa no dossel em relação ao sub-bosque, antes e após a exploração. Já o estoque de biomassa do estrato intermediário foi estatisticamente igual aos demais estratos em ambos os ambientes. Este é um padrão característico das florestas tropicais, por serem ineqüiâneas e auto regenerantes, isto é, têm distribuição diamétrica exponencial em "J-invertido", conforme conceituado por De Liocourt, 1898, citado por Meyer (1952).

Tabela 3 - Resultados do teste de Tukey para as médias das variáveis nos estratos das florestas natural e explorada, sendo AGB = biomassa seca acima do solo.

Estratos	Floresta Natural/Floresta Explorada	
	AGB (Mg.ha^{-1})	
Dossel	135,176Aa	121.518Aa
Estrato Int.	74,753Aab	74.991Aab
Sub-bosque	29,138Ab	21.203Ab

Obs. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se similaridade das áreas em relação à biomassa das espécies nos três estratos avaliados, indicando que a exploração florestal não foi capaz de alterar a concentração desta variável nos estratos, nem mesmo sobre as espécies comerciais.

4 Conclusão

As práticas do manejo florestal sustentável na Flona do Jamari provocaram alterações na biomassa não significativas entre os estratos avaliados, assim como não alterou significativamente a estrutura vertical da floresta, mesmo com a redução do número de indivíduos causados pela colheita seletiva e danos da exploração, sugerindo que a intensidade da exploração e as técnicas de impacto reduzido aplicadas, foram suficientes para manter as características da floresta original, ratificando o princípio da sustentabilidade dos planos de

manejo florestal sustentável (PMFS) em florestas de concessão. Neste sentido, o monitoramento contínuo da floresta, com maior amplitude temporal se faz necessário para consolidar essas observações, possibilitando um melhor entendimento da dinâmica biomassa florestal em áreas manejadas.

Referências Bibliográficas

ANDERSEN, H.; REUTEBUCH, S. E.; MCGAUGHEY, R. J.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; KELLER, M. (2014) Monitoring selective logging in western Amazonia with repeat LIDAR flights. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v. 151, p. 157-165.

ANTUNES, L. J. (2008) *Herança Global* - As mudanças que o aquecimento reserva. <http://www.institutocarbonobrasil.org.br>. Acesso em: 22 de out. de 2014.

Bartlett, M. S. (1937) Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Statistical Society*, Series A 160, p. 268–282.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (2012) *O Brasil na Agenda Internacional para o Desenvolvimento Sustentável***.** MMA, 190 p.

CRUZ, C. D. (2013) GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum.* v. 35, n. 3, p. 271-276.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). (2006) *Diretrizes Simplificadas para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Ovelha errante Florestas Naturais da Amazônia Brasileira*. Organização Grupo Inter-Institucional de Monitoramento da Dinâmica de Crescimento de Florestas na Amazônia Brasileira. 2006.

LILLIEFORS, H. (1967), "On the Kolmogorov–Smirnov test for normality with mean and variance unknown", *Journal of the American Statistical Association,* Vol. 62. pp. 399–402.

MARTINS, S. S.; COUTO, L.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. L. (2003) Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. *Revista Árvore*, v. 27, n. 1, p. 65-70.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced unven-aged forests. (1952) *J. For***.**, v. 50, n. 2, p. 85-92.

PINTO, A .C. M. (2008). *Dinâmica de uma floresta de terra firme manejada experimentalmente na região de Manaus (AM).* 2008. 168p. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2012) *R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.*

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. (2018) *Concessões Florestais.* Disponível em: http://www.florestal.gov.br/florestas-sob-concessao?id=101. Acesso em 17 jun. 2018.

SHENG J.; ZHOU W. E DE SHERBININ A. (2018) Incerteza nas estimativas, incentivos e reduções de emissões em projetos de REDD +. *Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública,* Volume 15.

SILVA, L. F. DA; SILVA, M. L. DA; CORDEIRO, S. A. (2012). Análise do mercado mundial de madeira tropicais. *Revista Política Agrícola*, p. 48–54.

SILVA, J. N. M; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A., OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, L. C. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon. Commonw. *For. Rev.* 75, 325–329,1996.

VERAS, H .F. P. *Dinâmica de uma Floresta Submetida a Manejo Florestal na Amazônia Sul Ocidental*. (2012) 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Floresta Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas.

WRI.(2011) *Climate Analysis Indicators Tool. Version 9.0.*

SIMULAÇÃO DO VOLUME DE LENHA, MOIRÕES, BIOMASSA E CARBONO PARA A ESPÉCIE *Eremanthus incanus* (LESS.) LESS LOCALIZADA EM UMA ÁREA EM DIAMANTINA-MG

Brito Filho, E. S[1], Santos, L. G[2], Barbosa, G. P[3], Santana, L. S[4], Oliveira, M. L. R[5]

[1]*Eloízio de Souza Brito Filho, e-mail (eloiziobritto@gmail.com)*

[2]*Lidia Gabriella Santos*

[3]*Gabriela Paranhos Barbosa*

[4]*Laura Santos Santana*

[5]*Marcio Leles Romarco de Oliveira*

Resumo

O objetivo deste estudo foi realizar uma simulação do volume de lenha, moirões, biomassa e carbono de indivíduos de E. incanus (candeia) localizados na região de Diamantina-MG. Em uma área de 2,15 ha foram realizados 12 inventários florestais, entre setembro de 2010 e 2016, todos os indivíduos vivos com diâmetro a 0,3 m do solo (DAS) ≥ a 5,0 cm tiveram suas variáveis dendrométricas circunferência a 0,3 m de altura do solo (CAS), circunferência a 1,30 m de altura do solo (CAP) e altura total (Ht) mensurados. Para estimar o volume de lenha foram utilizadas equações de volumes desenvolvidas pelo modelo volumétrico de Spurr e Schumacher e Hall logaritmizados com casca além de uma equação de taper. Para o cálculo do volume e quantidade de moirões utilizou-se as dimensões de 2,20 m de comprimento com no mínimo 7,5 cm de diâmetro na extremidade mais fina (SCOLFORO et al., 2012). Com base na equação de taper foi estimado o volume e quantidade de moirões presentes na área. Para estimativa do volume de carbono estimou-se a biomassa da madeira presente no fuste dos indivíduos de E. incanus, sendo estimada pela multiplicação da densidade básica média de 680 kg/m³ (SCOLFORO et al., 2012). Em seguida, considerando que a biomassa seca é composta por 50% de carbono, esse foi estimado por meio da multiplicação da biomassa encontrada pelo fator 0,5 (SOARES et al., 2006). A biomassa também foi estimada pela equação de Spurr logarítmizada. O volume de lenha encontrado utilizando as equações logaritimizadas de Spuur fornecida por Scolforo et al. (2012) e de Schumacher e Hall por Scolforo et al. (2004), apresentaram valores próximos. No entanto, os volumes estimados utilizando a variável DAS foram mais coerentes que as estimativas utilizando a variável DAP quando comparados aos valores encontrados por Scolforo et al. (2004 e 2012). Em uma área pouco produtiva, um povoamento nativo de candeia pode produzir entre 9 a 13,5 m³ de madeira com diâmetros entre 5 e 15 cm (SCOLFORO et al., 2004). Comparando os volumes encontrados no trabalho, de acordo com o último inventário florestal, o volume estimado utilizando a variável independente DAS foi em torno

de 6 m³/ha com um diâmetro médio de 10 cm aproximadamente. O volume calculado pela equação de taper superestimou o volume dos indivíduos com diâmetros acima de 5 cm. Ao utilizar a equação de polinômio de 5° grau para a estimativa do volume de moirão, essa apresentou valores coerentes em relação aos valores encontrados pelas equações de volumes avaliadas nesse trabalho. O volume total de carbono pela equação de Schumacher e Hall (logarítmica) foi maior. Com base na equação de massa seca encontrada por Scolforo et al. (2012), a média de carbono encontrado para cada indivíduo de E. incanus foi de 2,79 kg em setembro de 2010 e 8,50 kg em setembro de 2016. Com base nas equações de volumes aplicadas foi possível realizar a simulação do volume de lenha, moirão, biomassa e carbono para os indivíduos de E. incanus estudados.

Palavras-chave. Equações de volume. *Taper*. Candeia.

Referência

SCOLFORO, R. S.; PÉREZ, J. F. M; MELLO, J. M. de; OLIVEIRA, A. D. de; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L. F. R. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de morões para a candeia (Eremanthus erythropappus (DC.) Macleish). Cerne, Lavras, v. 10, n. 1, p. 87-102, jan/jun, 2004.

SCOLFORO, J. R. S. ; OLIVEIRA, A. D. de ; DAVIDE, A. C. . Manejo Sustentável da Candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais. Editora UFLA, Lavras, 1 ed., v. 1, 2012, 329 p.

SOARES, C. P. B; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. Dendrometria e inventário florestal. Viçosa: UFV, 2006. 276 p.

VARIAÇÕES NO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO MODIFICAM A EFICIÊNCIA NO USO DA RADIAÇÃO SOLAR DA *Acacia mearnsii*

Claiton Nardini[1], Elder Eloy[2], Felipe Schwerz[3], Jaqueline Sgarbossa[2], Braulio Otomar Caron[2]

[1]*Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. e-mail:claitonnardini@live.com*

[2]*Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen*

[3]*Universidade Federal de Lavras*

Resumo

A eficiência do uso da radiação solar varia de acordo com o espaçamento. Desta forma, o objetivo deste estudo foi quantificar a eficiência do uso da radiação solar da Acacia mearnsii submetida a quatro espaçamentos de plantio. O experimento foi conduzido no município de Frederico Westphalen – RS. O delineamento experimental empregado foi de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial de 3 x 4, ou seja, três épocas de avaliação após o palntio (1º, 3º e 5º ano) e quatro espaçamentos de plantio (2,0 x 1,0 m; 2,0 x 1,5 m; 3,0 x 1,0 m; e 3,0 x 1,5 m), com três repetições. A variável avaliada foi à eficiência do uso da radiação solar para, biomassa total e para os diferentes compartimentos (fuste e copa) de Acacia mearnsii. As plantas de Acacia mearnsii são mais eficientes na conversão da radiação solar em biomassa quando conduzidas em espaçamento 2,0 x 1,0 m, demostrando que o espaçamento de plantio influencia na variação da eficiência do uso da radiação solar e no crescimento das plantas.

Palavras-chave. Árvore. Biomassa. Competição.

Introdução

As áreas com povoamentos florestais no Brasil se destacam a nível mundial, sendo influenciadas principalmente pelas características climáticas do país. As condições climáticas das regiões brasileiras são responsáveis pela diversidade e facilidade de produção de inúmeras espécies nativas e exóticas, promovendo boa adaptação e a obtenção de elevadas produtividades. A crescente demanda por matéria-prima madeira e biomassa florestal, tem incentivado o desenvolvimento de novas pesquisas que visem à produção florestal, através do uso de novas espécies florestais e diferentes espaçamentos de plantio, preservando características e a boa qualidade do material (ELOY et al. 2013).

A espécie *Acacia mearnsii* (Acácia negra) vem se destacando no Rio Grande do Sul, logo após dos gêneros de *Eucalyptus* e *Pinus* (BEHLING et al. 2016). A espécie, além de apresentar importância na produção energética, celulósica e tanino, contribui para

recuperação de solos, auxiliando na reposição de nitrogênio e cobertura florestal, devido seu rápido crescimento (CALDEIRA et al. 2001).

Com o aumento de plantios de acácia negra no sul do país, alguns critérios devem ser considerados em relação ao espaçamento de plantio. Segundo Eloy et al. (2010), o espaçamento de plantio afeta diretamente o crescimento e a época de colheita do povoamento. Uns dos fatores influenciados pelo espaçamento plantio é a radiação solar incidente. A radiação solar é fonte primária de energia para o processo fotossintético, desse modo, a produção de biomassa é dependente da eficiência do vegetal ao converter energia (radiação solar) em biomassa (MONTEITH, 1977).

Estudos sobre a eficiência no uso da radiação solar são muito difundidos em culturas agrícolas, no entanto, no setor florestal ainda são escassas as informações acerca do tema. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência no uso da radiação solar da *Acacia mearnsii* submetida a quatro espaçamentos de plantio.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido a campo em área experimental da Universidade Federal de Santa Maria campus de Frederico Westphalen - RS, sob as coordenadas 27º22'S, 53º25'W e altitude de 480 m. O clima característico da região é do tipo Cfa, segundo classificação de Köppen (ALVARES et al. 2013). Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos junto à estação meteorológica automática vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado a 800m da área experimental.

O transplante das mudas ocorreu em setembro de 2008, através do plantio manual e, após o processo de aração e gradagem. O delineamento experimental empregado foi de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial de 3x4, ou seja, três épocas de avaliação após o plantio (1º, 3° e 5º ano) e quatro espaçamentos de plantio (2,0 x 1,0 m; 2,0 x 1,5 m; 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m), com três repetições.

Os dados de biomassa e área foliar foram coletados sempre no mês de setembro em três períodos: 1º ano (2009), 3º ano (2011) e 5º ano (2013) após o plantio. Para cada espaçamento de plantio, foram avaliadas nove árvores, resultando em um total de 36 árvores por período de avaliação, totalizando 108 árvores avaliadas nos três períodos. Nas avaliações destrutivas foi utilizado o método direto, que constitui-se no corte e pesagem dos diferentes compartimentos das árvores (SANQUETTA, 2002).

A determinação da área foliar foi realizada através do uso de um integrador de área foliar (LI-3000), com valor expresso em cm^2. Posteriormente a separação das amostras, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa de circulação de ar forçada, a temperatura de 60 °C, até atingirem massa constate.

A eficiência no uso da radiação foi calculada com base no modelo proposto por (MONTEITH, 1977), relacionando a produção média de biomassa acumulada e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada, conforme descrição:

$$BIO = Ɛb*RFAi$$

Onde: BIO = produção de biomassa (kg m^{-2}); RFAi = radiação fotossinteticamente ativa interceptada (MJ m^{-2}); Ɛb = eficiência no uso da radiação solar (kg MJ^{-1}).

A radiação fotossinteticamente ativa incidente foi estimada considerando-se 45% da radiação solar global (ASSIS e MENDEZ, 1989). A estimativa da radiação fotossinteticamente ativa interceptada foi realizada com base no modelo descrito por Varlet-Grancher et al. (1989), conforme a seguinte equação:

$$RFAi=0,95*(RFAinc)*(ln^{(-k*iaf)})$$

Onde: RFAi = radiação fotossinteticamente ativa interceptada, MJ m^{-2}; RFAinc = radiação fotossinteticamente ativa incidente, MJ m^{-2}; k = coeficiente de extinção, calculado para cada espaçamento; IAF = índice de área foliar.

O índice de área foliar foi determinado a partir da área foliar total e a área de solo explorada por cada planta, de acordo com a equação:

$$IAF=AF/AE$$

Onde: IAF corresponde ao índice de área foliar; AF refere-se à área foliar total da planta (m^2); AE é a área de solo explorada pela planta.

Os valores de eficiência no uso da radiação solar foram quantificados considerando a biomassa total, e os compartimentos fuste e copa. O fuste representa o somatório de troco + casca e, a copa representa o somatório de ramos + folhas.

Resultados e discussão

Os valores de biomassa, radiação fotossinteticamente ativa acumulada interceptada e índice de área foliar são apresentados na tabela 1. Podemos observar que os maiores valores para todas as variáveis analisadas foram obtidos no espaçamento 2,0 x 1,0 m, sendo eles 239,32 t ha^{-1} de biomassa, 7980,91 MJ m^{-2} de radiação fotossinteticamente ativa acumulada interceptada e índice de área foliar de 12,96.

Adicionalmente, devemos considerar o efeito do arranjo espacial sobre as variáveis estudadas. Como podemos observar (Tabela 1) os espaçamentos 2,0 x 1,5 e 3,0 x 1,0 m possuem teoricamente a mesma área de solo explorada por planta (3 m^2), no entanto resultam em valores distintos de biomassa, radiação fotossinteticamente ativa acumulada interceptada e índice de área foliar do povoamento.

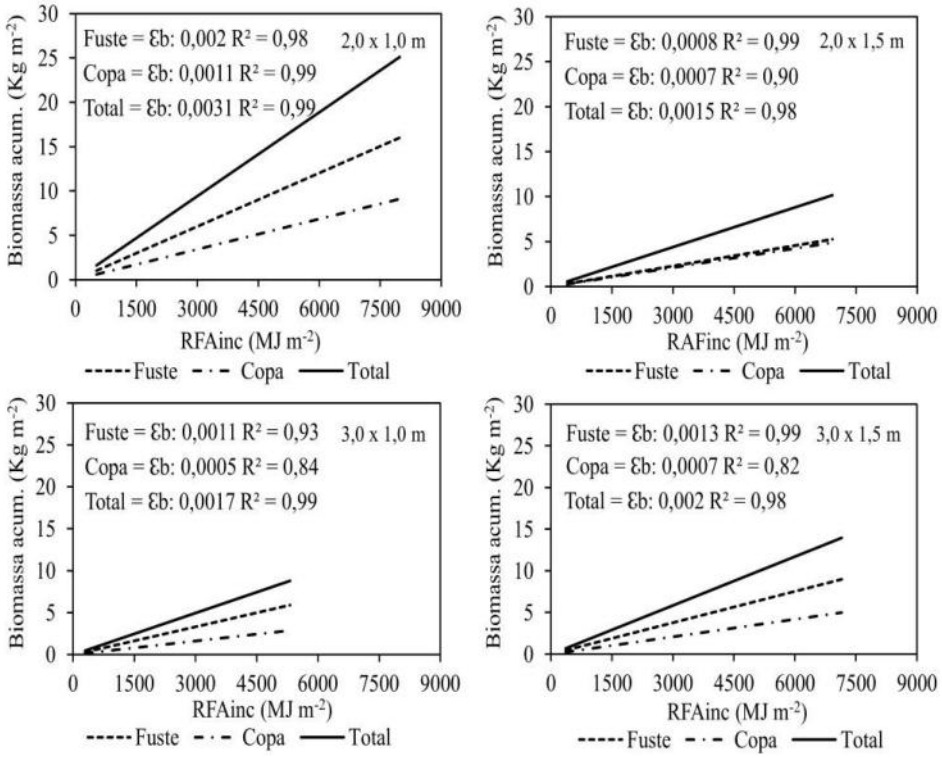
Tabela 1. Valores de Biomassa acumulada (BIO), radiação fotossinteticamente ativa acumulada interceptada (RFAinc) e o índice de área foliar (IAF) obtida nos quatros espaçamentos no quinto ano de após plantio.

Espaçamento	BIO (t ha^{-1})	RFAinc (MJ m^{-2})	IAF
2,0 x 1,0 m	239,32	7980,91	12,96
2,0 x 1,5 m	119,48	7152,27	9,70

3,0 x 1,0 m	93,13	6921,80	7,04
3,0 x 1,5 m	79,78	5323,30	6,10

A maior eficiência do uso da radiação solar foi obtida no espaçamento 2,0 x 1,0 m (0,0031 kg MJ^{-1}), o mesmo foi observado para os compartimentos fuste (0,002 kg MJ^{-1}) e copa (0,0011 kg MJ^{-1}) (Figura 1). De maneira geral, considerando os valores médios de eficiência para os diferentes compartimentos e os quatro espaçamentos, foram observados os seguintes valores de eficiência; 0,0013 kg MJ^{-1} para fuste, 0,001 kg MJ^{-1} copa e eficiência total de 0,002 kg MJ^{-1}.

Figura 1. Eficiência do uso da radiação solar para fuste, copa e total obtida para cada espaçamento de plantio da *Acacia mearnsii* durante o ciclo de curta rotação. Onde: εb = eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em biomassa, RFAinc = radiação fotossinteticamente ativa acumulada interceptada.



Cada espaçamento de plantio promove condições diferenciadas de crescimento, resultado em diferentes valores de eficiência do uso da radiação solar. A maior eficiência encontrada para o espaçamento 2,0 x 1,0 m, pode estar relacionada a maior concentração de plantas por unidade de área, antecipando o fechamento do dossel, e assim dificultando a incidência de radiação solar na proporção inferior da copa.

Os resultados observados são consistentes com os relatados por Schwerz et al. (2019), onde os autores verificaram que em espaçamento reduzidos, as plantas tendem a apresentarem maior eficiência na conversão de fotoassimilados em biomassa produzida, e que o aumento da idade do povoamento florestal implica no aumento na competição intraespecífica da população de plantas. Behling et al. (2015), trabalhando com plantio de

Acacia mearnsii em espaçamento 3,0 x 1,5 m , obtiveram valores de eficiência de 0,0021 kg MJ^{-1}, semelhantes aos observados neste estudo. Portanto, podemos considerar os valores consistentes para a área de estudo.

Os resultados gerados nesse estudo apresentam grande relevância para o setor florestal. Estas informações poderão auxiliar produtores e empresas durante o planejamento da implantação de povoamentos florestais, principalmente quando o intuito seja sanar dúvidas relacionadas ao espaçamento de plantio e a sua influência no crescimento e desenvolvimento das plantas e, a produção de biomassa.

Conclusões

Plantas de *Acacia mearnsii* são mais eficientes em converter radiação solar em biomassa total quando conduzidas em espaçamento 2,0 x 1,0 m. Demonstrando, que o espaçamento de plantio exerce influência sobre a eficiência no uso da radiação solar e o crescimento das plantas.

Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., LEONARDO, J. E SPAROVEK, G. 2013 Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift.* V.22, N.6, pp. 711-728.

ASSIS, F. N. E MENDEZ, M. E. G. 1989 Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V.24, N.7, pp. 797-800.

BEHLING, A., SANQUETTA, C. R., DALLA CORTE, A. P., CARON, B., ARLINDO SIMON, A., BEHLING, M. E SCHMIDT, D. 2015 Conversion efficiency of photosynthetically active radiation intercepted in biomass in stands of black wattle in Brazil. *Bosque.* V.36, N.1, pp. 61-69.

BEHLING, A., SANQUETTA, C. R., DALLA CORTE, A. P., COSTA, S. J. E TRAUTENMULLER, J. W. 2016 Influência da idade e do ambiente na relação entre a massa de folhas e a área foliar de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Brasileira de Biociências*, V.14, N.3, pp. 152-158

CALDEIRA, M. V. W., SCHUMACHER, M. V., NETO, R. M. R., WATZLAWICK, L. F. E DOS SANTOS, E. M. 2001 Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay-Austrália. *Ciência Florestal*, V.11, N.2, pp. 79-91.

ELOY, E., CARON, B., SOUZA, V., TREVISAN, R., BEHLING, A., BAMBERG, R. E BUSANELLO, C. 2010 Espécies florestais em plantios de curta rotação para biomassa. *Revista da Madeira*, V.21, pp. 50-53.

ELOY, E., CARON, B. O., TREVISAN, R., BEHLING, A., DE SOUZA, V. Q. E SCHMIDT, D. 2013 Variação axial e efeito do espaçamento na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, V.4, N.2, pp. 215-227.

MONTEITH, J. L. 1977 Climate and the efficiency of crop production en Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, V.*281, N.*980, pp. 277-294.

SANQUETTA, C. R. 2002 Métodos de determinação de biomassa florestal. *As florestas e o carbono*. Curitiba. pp.119-140.

SCHWERZ, F., ELOY, E., ELLI, E. F. E CARON, B. O. 2019 Reduced planting spacing increase radiation use efficiency and biomass for energy in black wattle plantations: Towards sustainable production systems. *Biomass Bioenergy*. V.120, pp. 229-239.

VARLET-GRANCHER, C., GOSSE, G., CHARTIER, M., SINOQUET, H., BONHOMME, R. E ALLIRAND, J. M. 1989 Mise au point: rayonnement solarie absorbé ou intercepté par um couvert vegetal. *Agronomie*. V.9, N.5, pp. 419-439.

VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE PELLETS DE RESÍDUOS DE MADEIRA NO NORTE DO ESTADO DE MATO GROSSO

Santos, H. L.[1]; Santos, W. D.[2]; Pereira, M. F.[3]

[1] Aluno, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Universidade Estadual de Maringá, hermesonlopes@hotmail.com
[2] Professor, orientador, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Laboratório Bioquímica de Plantas, Universidade Estadual de Maringá
[3] Professor, coorientador Programa de Pós-Graduação em Economia, Departamento de Economia, Universidade Estadual de Maringá

Resumo
Com o aumento do consumo de energia no mundo, a busca por novas tecnologias para gerar energia deve ser intensificada de forma a tornar a produção de energia mais sustentável, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico. O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica para implantação de uma empresa de produção de pellets de resíduos de madeira no norte de Mato Grosso, mediante um diagnóstico do resíduo e rejeitos das indústrias madeireira no Estado, a fim de conhecer a disponibilidade, a quantidade dessa biomassa e qual o local mais indicado para instalação da unidade de produção desse biocombustível sólido. Desenvolveu-se o presente estudo através do programa de pós-graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Maringá. Os dados analisados para identificação e quantificação dos resíduos foram disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente- SEMA/MT, referente à produção de resíduos madeireiros nos municípios do Estado durante o ano de 2006 a 2017, e também pesquisas em livros, artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e sites na internet. Foram identificados os municípios geradores e os que mais produziram resíduos de madeira e a partir disso foi escolhido o município de Sinop para instalação da unidade de produção, por ser um dos maiores geradores de resíduo madeireiro no Estado e também pela logística rodoviária. Os dados disponibilizados pela SEMA/MT através do sistema SISFLORA classifica o material disponível como: resíduos e resíduos fonte de energia, ambos são utilizados na produção de energia, seja diretamente ou para transformação em carvão vegetal. No estado não existe nenhuma unidade de produção de pellets e a principal fonte de energia para alimentação dos fornos de caldeira é a lenha ou cavaco. Os resultados mostraram que o mercado interno e externo de pellets está em crescimento, mas ainda não alcançou a maturidade; a implantação de uma fábrica de pellets é viável em Sinop, pois não há fábricas de pellets nessa região; a região produz matéria prima suficiente para a fabricação de pellets; há mercado local e global; a tecnologia para a montagem da fábrica é acessível; há logística de transporte do produto, sendo as mesmas rodovias utilizadas para o escoamento das safras e madeira da região, tanto para o mercado interno como externo. Ainda, em relação ao transporte há expectativa que até 2020 seria implantada uma ferrovia que virá facilitar o escoamento da safra e consequentemente poderá ser utilizada para transportar outros manufaturados a granel, como é o caso dos pellets, no entanto, isso ainda não foi confirmado, acreditando-se que ainda levaria aproximadamente 10 anos para que a ferrovia esteja funcionando.

Palavras-chave: *Biomassa. Biocombustível. Produção. Sustentabilidade.*

IV CIBIO – dias 25, 26 e 27 de junho de 2019 – Curitiba, PR – Expotrade Convention Center

Capítulo 3. Biomassa Coprodutos Antrópicos Urbanos

Avaliação da Obtenção de Sólidos Totais (Brixº) através de Hidrólise com Ácido Fosfórico em Plantas de *Eichhornia crassipes*

Wallace Lima Paulo[1], Maria Cristina Souza[2], Julianno Pizzano Ayoub[3], Gabriel Menon de Lima[4], Cynthia Beatriz Furstenberger[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste- Guarapuava, Paraná, Brasil, wlp.florestal@gmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste*

[3]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[5] *Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

O aguapé **Eichornia crassipes** é uma planta nativa da Amazônia, possui rápido crescimento sendo uma fonte alternativa de biomassa para a produção de etanol lignocelulósico. É uma planta fitorremediadora de água, necessitando de um uso final após o seu ciclo de tratamento. O objetivo deste trabalho foi de quantificar o teor de sólidos totais em amostras de aguapé a partir de hidrólise com ácido fosfórico. Foram utilizados apenas as folhas e os caules das plantas processados em liquidificador para diminuição das partículas. As amostras foram analisadas em sua umidade natural e também secas. Os particulados de aguapé foram secos em estufa a 105ºC por seis horas, até que atingissem peso constante. Em cada ensaio de hidrólise foram utilizadas 3 gramas de aguapé para 20 mL de solução, onde foram testadas as diluições 3,5-4,2-5 mL de ácido fosfórico para 15,8-16,5-5 mL de água destilada, respectivamente. O ácido utilizado possuía concentração de 85%, peso molecular 98, densidade 1.685 g/mL e cor APHA 30. As misturas de solução e os ensaios foram realizadas em capela, através de agitador magnético onde seis ensaios foram realizados a temperatura de 50ºC, todos durante trinta minutos. Os ensaios foram realizados em erlenmeyers de 100 mL, sendo que a solução foi inicialmente aquecida à temperatura desejada e depois as amostras de aguapé foram inseridas. Os teores de sólidos totais foram medidos através de um refratômetro digital portátil de grau brix. O melhor resultado foi na diluição de 3,5 mL de ácido em 16,5 mL de água destilada, a 50ºC, sendo que as amostras secas apresentaram menor º Brix , de 12 a 15,2, comparada a matéria úmida, que foi entre 13 e 16,2. Novos ensaios devem ser realizados a maiores temperaturas e diferentes tempos na menor diluição. O ácido fosfórico foi eficiente para a hidrólise do aguapé.

Palavras-chave. Etanol. Lignocelulósico. Subproduto. Açúcares. Aguapé.

Avaliação do Teor Sólidos Solúveis Totais (Brixº) da planta *Eichhornia crassipes* através de Hidrólise Ácida com Ácido Clorídrico

Julianno Pizzano Ayoub[1], Wallace Lima Paulo[2], Renato Rodrigo Menon de Lima[3], Gabriel Menon de Lima[4], Cynthia Beatriz Furstenberger[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Guarapuava, Paraná, Brasil.* juliannopa@hotmail.com

[2, 3, 4, 5]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

A grande quantidade de poluição gerada por combustíveis fósseis causa diversos problemas ambientais para os ecossistemas. O aguapé pode ser uma fonte lignocelulósica alternativa para a produção de bioetanol, além de ser uma matéria prima abundante. O objetivo desse trabalho foi de avaliar o ° Brix em amostras de aguapé a partir de hidrólise com ácido clorídrico. Apenas as folhas e os caules das plantas foram utilizados, sendo processados em liquidificador anteriormente a hidrólise. As amostras foram analisadas em sua umidade natural. Em cada ensaio de hidrólise foram utilizados 3 gramas de aguapé para 20 mL de solução, foram testadas as diluições 3 mL de ácido clorídrico para 17 mL de água destilada, 5 mL de ácido clorídrico para 15mL de água destilada e 7 mL de ácido clorídrico para 13mL de água destilada. O ácido utilizado possuía concentração de 36.5-38%, peso molecular 36.46, densidade 1.18 g/mL e cor APHA 10.Os ensaios foram realizados em erlenmeyers, dentro de uma capela, através de um magnético a temperatura de 70ºC, durante quarenta e cinco minutos. Os teores de sólidos totais foram medidos através de um refratômetro digital portátil de grau brix. Os valores dos teores de sólidos totais variaram entre 7.8 (2mol/L) no tempo zero e 8.3 (1mol/L) no tempo de quarenta e cinco minutos, demonstrando que não houveram diferença de grandes intervalos entre os três tratamentos, sendo que em todo o ensaio a maior diferença de ºBrix encontradas entre as três amostras foi 0,3 ºBrix. A utilização do HCl como agente hidrolisador não foi eficaz nas condições estudadas, sendo que temperaturas e concentrações superiores poderão apresentar resultados melhores.

Palavras-chave. Bioenergia, Açucares. Aguapé.

Determinação de Sólidos Solúveis Totais (Brixº) da Biomassa de *Eichhornia crassipes* por Hidrólise Ácida com Ácido Fosfórico

Julianno Pizzano Ayoub[1], Wallace Lima Paulo[2], Maria Cristina Souza[3], Gabriel Menon de Lima[4], Cynthia Beatriz Furstenberger[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste- Guarapuava, Paraná, Brasil, juliannopa@hotmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[3]*Universidade Estadual do Centro Oeste*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[5] *Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

Com o aumento da preocupação ambiental em relação a combustíveis fósseis, a produção de biocombustíveis se mostrou interessante. O bioetanol de segunda geração, é um biocombustível renovável, e que pode ser produzido com biomassa de diversas origens, como aguapé que vem sendo um problema em algumas de lagoas de tratamento, devido sua alta reprodução. O objetivo desse trabalho foi de quantificar o teor de sólidos solúveis totais (Brix) em amostras de aguapé a partir de hidrólise com ácido sulfúrico. Nas concentrações entre 12° e 15° Brix, há um melhor desempenho fermentativo . Foram utilizados apenas as folhas e os caules das plantas, onde esses foram processados em liquidificador para diminuição das partículas. As amostras foram analisadas em sua umidade natural. Em cada ensaio de hidrólise foram utilizados 3 gramas de aguapé para 20 mL de solução, onde foram testadas em triplicatas as diluições 2,5 mL de ácido fosfórico para 17,5 mL de água destilada, e 3,75 mL de ácido fosfórico para 16,25mL de água destilada . O ácido utilizado possuía concentração de 85%, peso molecular 98, densidade 1.685 g/mL e cor APHA 30. As misturas de solução e os ensaios foram realizadas em capela, através de agitador magnético a temperatura de 70ºC, durante trinta minutos. Os ensaios foram realizados em erlenmeyers de 100 mL, sendo que a solução foi incialmente aquecida à temperatura desejada e depois as amostras de aguapé foram inseridas. Os teores de sólidos totais foram medidos através de um refratômetro digital portátil de grau brix. Os melhores resultados foram para as amostras com 3,75 mL de ácido, atingindo 13,2° Brix, a amostra com 2,5 mL de ácido atingiu 9,4° Brix.

Palavras-chave. Bioenergia, Açúcares, Aguapé.

Biorremediação de efluentes por meio da aplicação de microalgas

Guilherme Dias[1], Fernando Santos[1], Jaqueline de Mattia[1], Jonathan Alves[1], Matheus Hipólito[2], Paulo Eichler[2], Rogério Lourega[2]

[1]*Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, guilherme-dias@uergs.edu.br*
[2]*Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul*

abstract

No Brasil, cerca de 60% dos esgotos domésticos não passam por nenhum tipo de tratamento antes de serem lançados em cursos d'água. Em relação aos esgotos industriais, o tratamento é mais efetivo, entretanto o potencial poluidor destes pode ser 20 vezes maior quando comparado ao doméstico, fazendo com que a falta de tratamento por parte das indústrias seja sinônimo de gravíssimos problemas ambientais. Assim, moldar estratégias de tratamento baratas e ambientalmente corretas são necessárias para que esses números alarmantes sejam alterados, fazendo com que o tratamento de esgoto doméstico chegue nas regiões mais pobres do país, onde tal prática é inexistente e contribui para inúmeras mazelas sociais e ambientais. Em tal contexto, será realizado uma pesquisa onde o principal foco será voltado para o potencial de aplicação das microalgas no tratamento de esgotos industriais e domésticos. Sendo analisados os mecanismos físico-químicos de biossorção que ocorrem na biomassa de microalgas (complexação, microprecipitação, adsorção e troca iônica), tanto ativa quanto inativa. Em relação ao esgoto industrial, os mecanismos de biossorção de metais pesados (Cd, Pb, Hg e Cr) serão testados, determinando as metodologias aplicadas que retornarão maiores índices de remoção de tais metais, com intuito de estabelecer formas de aplicação das microalgas em estações de tratamento de esgoto (ETE) já existentes. Além da remoção de metais pesados por meio de microalgas, especificamente em esgotos industriais, serão testadas aplicações desses microrganismos de forma mais específicas, como: remoção de oxitetraciclina em água do mar, imobilização de microalgas em matriz de gel de alginato de sódio para posterior biorremediação de águas residuais, sistemas de remoção de gases de combustão com aplicação direta em fotobiorreatores, bem como otimizações em fotobiorreatores para cultivo de microalgas e aproveitamento do óleo gerado por tais microrganismos com intuito de aplicar o mesmo na produção de biodiesel. Em relação aos efluentes de esgoto doméstico, que possuem em sua composição uma elevada carga orgânica, serão moldadas estratégias, por meio das pesquisas mais recentes, para aplicar microalgas em processos de remoção de nutrientes e, posteriormente, integrá-los em processos de biorrefinarias com o intuito de produzir biodiesel à partir do óleo obtido das microalgas. Para isso, serão analisados todos os pontos positivos e negativos cientificamente já estabelecidos para este trabalho, bem como os desafios existentes para que essa solução seja economicamente viável. Portanto, será um trabalho que irá englobar os aspectos mais recentes em relação aos processos biorremediativos por meio da biomassa de microalgas, visando criar operações que sejam economicamente viáveis e eficientes, além de aplicar subprodutos gerados na produção de energia limpa e renovável.

Palavras-chave. Biossorção, Metais pesados, Biomassa.

Referências

1. BONIOLO, Milena Rodrigues. Biossorção de urânio nas cascas de banana. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.

2. BORGES, Thayná Nunes; COSTA, Raíssa Miranda; GONTIJO, Hebert Medeiros. Description of a dairy industry effluent: treatment proposal. Research, Society and Development, v. 8, n. 1, p. 5081742, 2019.

3. CHIU, Sheng-Yi et al. Microalgal biomass production and on-site bioremediation of carbon dioxide, nitrogen oxide and sulfur dioxide from flue gas using Chlorella sp. cultures. Bioresource technology, v. 102, n. 19, p. 9135-9142, 2011.

4. DAL MAGRO, Clinei et al. Biossorção passiva de cromo (VI) através da microalga Spirulina platensis. Química Nova, v. 36, n. 8, p. 1139-1145, 2013. 5. HUANG, GuanHua et al. Biodiesel production by microalgal biotechnology. Applied energy, v. 87, n. 1, p. 38-46, 2010. 6. PINHATIA, Fernanda R. et al. Avaliação da eficiência de degradação de hidrocarbonetos aromáticos por bact

Determinação de Sólidos Solúveis Totais (Brixº) da Biomassa de *Eichhornia crassipes* por Hidrólise Básica com Hidróxido de Sódio

Wallace Lima Paulo[1], Maria Cristina Souza[2], Cynthia Beatriz Furstenberger[3]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste- Guarapuava, Paraná, Brasil, wlp.florestal@gmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste*

[3]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

O aguapé(**Eichornnia Crassipes)** possui um grande índice reprodução em um curto espaço de tempo, possuindo grande potencial de exploração no cenário atual de bioenergia e biocombustíveis, sendo um objeto de estudo como fonte alternativa de caráter lignocelulósico para desenvolvimento de novos estudos. O objetivo desse trabalho foi de quantificar o teor de sólidos solúveis totais em amostras de aguapé a partir de hidrolise básica com hidróxido de sódio (NaOH). Foram utilizados folhas e caules das plantas que foram processados em um liquidificador para diminuir as partículas. As amostras foram analisadas em sua umidade natural. Foram utilizados 3 gramas de aguapé em cada ensaio para 20 mL de solução, as quais foram testadas as concentrações de 2M, 4M e 6M a 75ºC durante quarenta e cinco minutos e 1M, 2M e 3M a temperatura de 40ºC durante oitenta e cinco minutos. A base utilizada possuía 98% de pureza e peso molar de 40g/mol. As reações de solução, misturas e os ensaios foram realizados em uma capela, durante trinta minutos. Os ensaios foram realizados em erlenmeyers de 100 mL,. Os teores de sólidos totais foram medidos por um refratômetro digital portátil de grau brix. A uma temperatura de 75ºC as concentrações de 2M, 4M e 6M não demonstraram variações, sendo o menor ºBrix de 7,8 no tempo zero e o maior ºBrix no valor de 8,3 no tempo final. Na temperatura de 40ºC e concentrações de 1M, 2M e 3M, os valores de º Brix no tempo zero foram de 6; 7.8; e 8, e no tempo de noventa minutos ºBrix de 12; 19 e 21, respectivamente. As concentrações de 1M e 2M se mostraram efetivas na hidrolise, sendo necessários maiores estudos envolvendo diferentes temperaturas.

Palavras-chave. Lignocelulósicos. Subproduto. Bioetanol. Bioenergia.

Determinação do Teor de Umidade de dois tipos de *Eichornnia crassipes*

Wallace Lima Paulo[1], Maria Cristina Souza[2], Julianno Pizzano Ayoub[3], Renato Rodrigo Menon de Lima[4], Cynthia Beatriz Furstenberger[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste- Guarapuava, Paraná, Brasil, wlp.florestal@gmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste*

[3]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[5]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

A obtenção de fontes alternativas de energia é um gargalo atual e o aguapé **Eichornnia Crassipes** é uma planta de crescimento abundante e fonte de material lignocelulósico. Alguns problemas ambientais como o entupimento de hidrelétricas, eutrofização de rios e perda da biodiversidade, fazem com que seja necessário o manejo adequado da planta. Além disso, o aguapé possui propriedades de tratamento de poluentes da água, assim como de alguns metais pesados contidos nela. A utilização dessa planta como matéria prima para briquetes pode ser uma fonte viável, sendo necessários estudos de caracterização da planta. O objetivo deste trabalho foi quantificar a diferença do teor de umidade de dois diferentes tipos de aguapé. Os aguapés foram coletados de dois lugares distintos, sendo de uma lagoa de tratamento (aeróbico) e de um reservatório de tratamento de água anaeróbico, ambas da Companhia de Esgoto Paranaense (SANEPAR). Os dois tipos de aguapé foram processadas em liquidificador e posteriormente foram feitas cinco repetições para cada teste de umidade contendo dez gramas de amostra aeróbica e seis gramas de massa anaeróbica. Os ensaios foram realizados em estufa laboratorial de secagem por seis horas a 105º C até que as amostras atingissem peso constante. As amostras aeróbicas apresentaram uma umidade média de 91,70% e desvio padrão de 0,290581, e as amostras anaeróbicas de 95,53% e desvio padrão de 0,292626. Plantas de aguapé podem obter rendimento 55% durante a sua queima, porém a emissão de metais pesados durante a queima deve ser estudada e filtros implantados no caso se positivas. A emissão de metais pesados durante a queima deve ser considerada, estudada e filtros implantados no caso se positivas. Em lagoas de tratamento as plantas possuem uma menor umidade quando comparadas com plantas cultivadas em reservatórios com ausência de oxigênio (anaeróbicas).

Palavras-chave. Energia. Briquetes. Lignocelulósicos. Secagem. Aguapé

MODELAGEM ESTATÍSTICA DA PRODUÇÃO DE BIOETANOL PROVENIENTE DE REJEITOS DE FRUTAS

Rhuan Carlos Martins Ribeiro[1], Matheus dos Santos Viana[2,2], Caio Castro Rodrigues [3,2], Glauber Tadaiesky Marques[4,3], Otavio Andre Chase[5,3]

[1]Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil, e-mail: rhuanribeiro97@gmail.com

[2]Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

[3]Professor Dr. adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Resumo

Este trabalho objetivou-se pelo aproveitamento de frutas descartadas no lixo do Centro de Abastecimento da Capital (CEASA) de Belém-PA e da validação matemática de um procedimento experimental de síntese de bioetanol por fermentação alcoólica dessa matéria-orgânica. Utilizou-se um planejamento fatorial 2^2, para verificar a influência das variáveis independentes: quantidade de mosto (ml) e tempo de fermentação (h) em relação à resposta rendimento (%) $v.v^{-1}$. O fermentado alcoólico adveio da polpa de maçãs da espécie Malus Communis e tangerinas Citrus reticulata, e microorganismo do tipo Saccharomyces cerevisiae ($10g.L^{-1}$). O valor de rendimento máximo obtido (17,5% $v.v^{-1}$) proporciona aos resíduos de frutas um alto potencial de utilização para produção de bioetanol, associado à viabilidade econômica e importância ambiental do aproveitamento do lixo orgânico.

Palavras-chave. Biocombustíveis. Rendimento. Resíduos orgânicos. Delineamento Experimental.

Introdução

A utilização do bioetanol tem provocado grande interesse, principalmente do setor automotivo, devido sua capacidade de competitividade com os combustíveis derivados do petróleo, como a baixa toxidez e a alta biodegradabilidade, que no geral, possibilitam uma combustão mais limpa e aumento no desempenho dos motores (AQUINO, BIDÔ, et al., 2014). Atualmente, o bioetanol é o principal biocombustível consumido no mundo, correspondendo a cerca de 10% da energia mundial. Porém, estimativas indicam que até 2050 a utilização mundial poderá atingir 27% (IEA, 2008).

Estima-se que cerca de 14 milhões de hectares de terra cultivável são utilizados atualmente para a produção de biocombustíveis, representando aproximadamente 1% do total de terra cultivada no mundo (IEA, 2007), com uma projeção de 3 a 4% até 2030 (FAO, 2013).

Devido a crescente preocupação da sociedade em relação à preservação e impactos ambientais, procuram-se meios de produção agrícola e geração de energia alternativa e renovável mais sustentável. Com isso, vários processos biotecnológicos têm sido desenvolvidos para transformar os resíduos agroindustriais em produtos de valor econômico, agregando utilidade a um item de descarte (SILVA, LOURENCO e ABUD, 2014).

No estudo de Lima et al. (2015) foram apresentados o rendimento e a eficiência do processo de obtenção de etanol celulósico por meio da fermentação alcoólica dos licores hidrolisados com o uso da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os autores (2015) obtiveram máximos valores de rendimento e eficiência de 0,445 g de etanol/g de bagaço e 87,1% para o licor hidrolisado com a adição do suco de caju. Ylitervo (2008) utilizou cascas de laranjas secas para produzir bioetanol por hidrólise enzimática com a aplicação do fungo *Mucor Indicus*, hidrolisando-as por dois métodos de açúcares fermentescíveis, obteve-se um rendimento de 0,36 g/g após 24 h.

Nesse contexto, buscou-se propor no presente trabalho uma modelagem estatística da produção de bioetanol por meio do processo de fermentação alcoólica de frutas impróprias para o consumo que são descartadas no lixo da CEASA de Belém-PA, utilizando um planejamento fatorial 2^2 com repetições, para estudo da influência das variáveis: quantidade de mosto fermentativo (ml) e tempo de fermentação (h), sobre a variável resposta rendimento (%) $v.v^{-1}$.

Material e Métodos

Realizou-se a coleta do material orgânico no dia 15 de julho de 2018 onde se adquiriu 07 quilos de frutas (Figura 1). O fermentado das frutas foi produzido em escala de bancada, e para os procedimentos de produção foi utilizado um reator em batelada com capacidade de 500 ml, dotado de um processador de destilação por refluxo com controladores de temperatura independentes e câmara de condensação por fluxo de água, além de transferência de estágios internos controlados manualmente. Os materiais de partida nos experimentos foram: frutas coletadas (maçãs da espécie *Malus Communis* e tangerinas *Citrus reticulata*); levedura (fermento biológico); sacarose; e água destilada.

Figura 1. Coleta do material orgânico

Fonte: Autores, 2018.

Preparação do substrato (mosto)

Com a finalidade de ampliação da escala em futuros trabalhos, foi utilizado o microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* por ser o mais viável economicamente. O planejamento indicou um volume de mosto em torno de 06 (seis) litros necessários para o desenvolvimento dos dez ensaios. Para tanto, no processo de preparação do mosto foram utilizados 05 litros da polpa das frutas, acrescida de 01 litro de água destilada. Optou-se por adicionar uma quantidade de 500g de sacarose para favorecer o crescimento mais acelerado dos microorganismos, a quantidade de leveduras foi adicionada na concentração de $10 g.L^{-1}$, totalizando 60 g. Feito isso, misturou-se a solução e a transferiu aos recipientes de armazenamento.

Cálculo da variável estudada

O cálculo de rendimento foi desenvolvido por meio da Equação (1). Onde, V_{EP} representa o volume de etanol produzido e V_{MF} o volume de mosto fermentado.

$$\text{Rendimento} = \frac{V_{EP}}{V_{MF}} * 100$$

Métodos estatísticos

A partir da elaboração do planejamento fatorial desse trabalho foram especificados os níveis das variáveis independentes: quantidade de mosto (ml) e tempo de fermentação (h). Admitindo como variável dependente o rendimento (%) $v.v^{-1}$, aplicando-se um planejamento 2^2 com quatro pontos fatoriais, contando com mais quatro pontos axiais e mais dois pontos centrais, totalizando 10 ensaios.

Para a análise dos resultados utilizou-se o software computacional STATISTICA® v.10. Por meio desse, foi possível obter a regressão linear múltipla dos dados baseado no plano de experimentos adotado (planejamento composto central), avaliou-se a necessidade de ajuste do modelo e de sua adequabilidade através da análise de variância (ANOVA) para validar a relação funcional entre as variáveis. A geração dos gráficos de superfícies de resposta foi sugerida para uma melhor visualização dos efeitos encontrados e verificação do ponto ótimo dos experimentos que representa o valor máximo da resposta.

Resultados e discussão

Estão expressos na Tabela 1 os níveis reais e codificados das variantes de entrada obtidos pelo planejamento.

Tabela 1. Variáveis e limites de trabalho definidos para a rota experimental

Variáveis	Nível - 1,414	Nível -1	Medial	Nível +1	Nível + 1,414
Quantidade de mosto (ml)	337,86	400	550	700	762,13
Tempo de fermentação (horas)	33,1	48	84	120	134,9

Após essa definição, foi elaborado o Planejamento Composto Central (PCC) para cada variável em dois níveis de trabalho acrescido a dois pontos (alfa), definidos como pontos de extrema variação. Dessa forma, cada variável é estudada nos três níveis definidos anteriormente (-1, 0, +1) e em outros dois níveis acrescentados (–α e +α), tais parâmetros foram utilizados a fim de se obter um delineamento, onde a matriz de variância e covariância é diagonal e os parâmetros estimados não são correlacionados entre si (BOX, HUNTER e HUNTER, 1978). Na Tabela 2 está a matriz de planejamento com os valores codificados dos dois fatores de entrada e a resposta.

Tabela 2. Matriz de planejamento fatorial 2^2 com valores codificados e dados experimentais do rendimento (%) $v.v^{-1}$ da produção

ENSAIOS	QM (ml) (codificada)	TF (h) (codificada)	R (%) $v.v^{-1}$
01	-1	-1	13,3
02	-1	+1	13,7
03	+1	-1	16,6
04	+1	+1	17
05	- 1,414 (-α)	0	11,5
06	1,414 (+α)	0	17,5
07	0	- 1,414 (-α)	13,3
08	0	1,414 (+α)	13,5
09 (PC)	0	0	10,2
10 (PC)	0	0	10,2

QM – Quantidade de mosto; TF – Tempo da fermentação; R – Rendimento; PC – Ponto Central

O resultado máximo do presente trabalho de 17,5% $v.v^{-1}$ (experimento 6) é muito superior ao encontrado por Gomes, Lima, Rabelo, Oliveira & Silva (2010) para fermentado de *Spondias tuberosa* (Umbu), sendo 11,6% $v.v^{-1}$ de álcool. Ao passo de ser bastante inferior do encontrado por Pereira, Gallina, Banczek, Maia & Rodrigues (2016) que utilizaram como matéria-prima a *Cyperus esculentus* (Tiririca) e rota enzimática para a hidrólise, encontraram no ponto máximo de seus experimentos o valor de 29,08% $v.v^{-1}$ de álcool. As variações desses resultados devem ao fato dos diferentes processamentos, tipos e concentração do inoculo, bem como a temperatura utilizada nos experimentos, entre outros.

Na Tabela 3, que apresenta os resultados da Análise de Variância (ANOVA), verifica-se que o modelo proposto pode ser usado para fins preditivos, uma vez que o coeficiente de determinação (R^2) é satisfatório, para um nível de significância de 95%, indicando a alta significância do modelo estudado (BARROS NETO et al., 2001). O valor de R^2 foi de 94,71, ou seja, 94,71% da variação total em torno da média são explicados pela regressão, mostrando que o modelo foi bem ajustado para essa variável, sendo este estatisticamente significativo.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) do modelo

	Soma quadrática	Grau de liberdade	Média quadrática	Teste F	Valor p
QM (linear)	28,44	1	28,44	42,35	0,0012
QM (quadrático)	27,44	1	27,44	40,86	0,0013
TF (linear)	0,14	1	0,14	0,21	0,6600
TF (quadrático)	16,50	1	16,50	24,57	0,0042
Resíduos	3,35	5	0,67	-	-
Total	63,43	9	-	-	-
% Variância explicada (R^2)					
94,71					

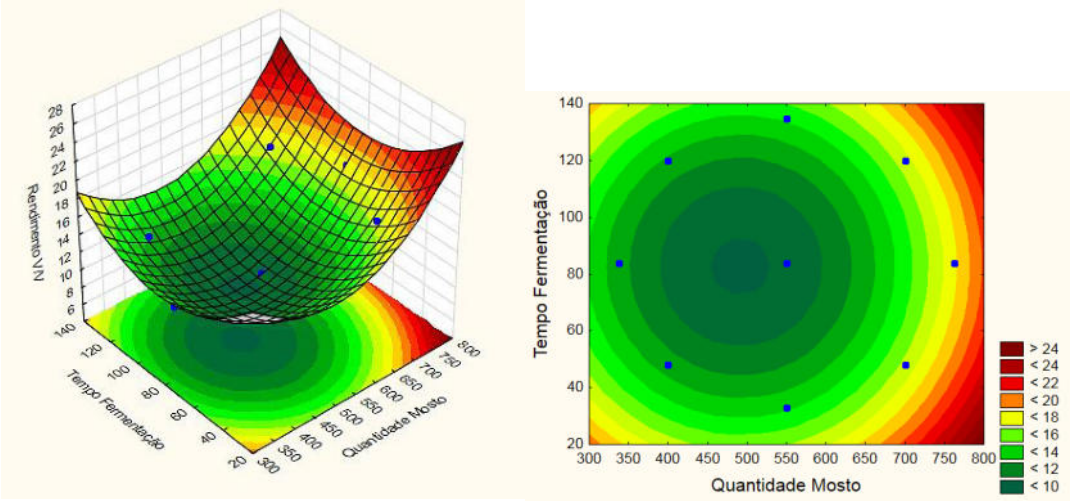
Através da ANOVA observou-se também que as variáveis: quantidade de mosto (termos linear e quadrático) e o tempo de fermentação (termo quadrático) são significativas ao ajuste realizado. O modelo matemático empírico, com seus respectivos coeficientes estatísticos está apresentado pela Equação (2), onde os valores em negrito correspondem os parâmetros estatisticamente significativos.

$$\text{Rend}\,(\%) = 46.253416912336 - \mathbf{0.10720670996591} * \mathbf{QM} - 0.24253642576687 * \text{TF} + \mathbf{0.00010888888888889} * \mathbf{QM^2} + \mathbf{0.0014660493827161} * \mathbf{TF^2}$$

Na Equação apresentada acima, o termo linear da variável tempo de fermentação não consta em negrito, isso porque o valor-p desse termo esteve abaixo da medida do nível de significância fixado (α = 0,005) indicando que a contribuição desse termo ao modelo é quase nula.

Baseando-se nos valores encontrados em cada experimento, foi possível realizar a análise do PCC por meio das superfícies de resposta. Na região investigada, a superfície de resposta é descrita satisfatoriamente pela Equação (2), que define os gráficos na Figura 3.

Figura 3. Superfície de resposta e de contorno: rendimento v/v (%) em função das quantidades de mosto e tempo de fermentação



Fonte: Autores, 2018.

Verifica-se na Figura 3 que o maior valor de rendimento percentual encontrado, em 17,5% $v.v^{-1}$, operando-se uma quantidade de mosto no nível 1,414 (+α) o equivalente a 762,13 ml, confirmando o valor codificado da Tabela 2 (experimento 6) o mesmo quantificado na Tabela 1, e razão de tempo de fermentação correspondente a 84 horas (ponto central), são os níveis que maximizam a produção experimental de bioetanol desse trabalho.

Conclusões

A biomassa de frutas impróprias para o consumo humano, em específico, maçãs espécie *Malus Communis* e tangerinas *Citrus reticulata* utilizadas como matéria-prima para obtenção de bioetanol por meio do processo de fermentação alcoólica apresentou alta viabilidade econômica e significante potencial do ponto de vista ambiental para fins de aproveitamento de resíduos orgânicos. Uma vez que foram coletados diretamente do lixo da Central de Abastecimento de Belém-PA.

Os resultados condizentes com os experimentos permitem concluir que tais matérias-primas podem ser utilizadas para a produção de bioetanol baseando-se nos rendimentos apreciáveis obtidos de até 17,5% $v.v^{-1}$, o que confere aos resíduos de frutas um potencial competitivo ao etanol provindo da cana de açúcar. Porém sem gastos adicionais por insumos advindos da agricultura, como plantação, colheita, transporte, entre outros.

Referências Bibliográficas

AQUINO, A. F. et al. O etanol da cana de açúcar: possibilidades energéticas da região de Ceará-Mirim-RN. Holos, p. 105-125, 2014.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos. 4ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building. John Wiley and Sons Inc., New York, USA, p. 653, 1978. ISSN 13: 9780471093152.

FAO. Food wastage footprint: Impacts on natural resources. Food and Agriculture Organization. Roma, p. 63. 2013. (ISBN 978-92-5-107752-8).

IEA. Key Biofuels For Transport. Internactional Energy Agency, 2007. Disponivel em: <http://www.iea.org>. Acesso em: 25 ABRIL 2018.

IEA. Internactional Energy Agency. Secure Sustainable Together, 2008. Disponivel em: <http://www.iea.org>. Acesso em: 15 setembro 2018.

LIMA, E. E. et al. Produção de etanol de segunda geração proveniente do bagaço de pendúculos do cajú. Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 26-35, abril\junho 2015. ISSN 1983-2125.

YLITERVO, P. Production of ethanol and biomass from orange peel waste by mucorindicus. University College of Borås, Borås, 11 novembro 2008. 1-61.

GOMES, E. M. S. et al. Produção de fermentado alcóolico a partir de polpa de Umbu. Revista científica do IFAL, v. 1, n. 1, p. 59-65, 2010. Recuperado de <http://www.kentron.ifal.edu.br/index.php/educte/article/view/31/23>.

PEREIRA, S. C. L. et al. Estudo da produção de álcool utilizando como matéria-prima a Cyperus esculentus (Tiririca). Revista Virtual de Química, v. 8, n. 5, 2016.

PURIFICAÇÃO DE ÓLEO RESIDUAL UTILIZANDO AGENTES ADSORVENTES PARA UTILIZAÇÃO COMO MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Jaqueline Zanovelli Nalevaiko[1], Kamila Colombo[2], Joel Gustavo Teleken[3]

[1] *Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós Graduação em Bioenergia, jaqueline.nalevaiko@ufpr.br.*

[2] *Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Departamento de Engenharia Química.*

[3] *Universidade Federal do Paraná – Programa de Pós Graduação em Bioenergia.*

Resumo

Grande é a necessidade de utilização de fontes energéticas renováveis, com destaque para a produção nacional de biodiesel a partir da biomassa, sendo o óleo de soja a mais utilizada. Óleos e gorduras residuais muitas vezes são descartados na rede de esgoto, prejudicando o tratamento de água, ou no solo. A reutilização desses resíduos como matéria-prima na produção de biodiesel ganha relevância e traz grandes benefícios. Para que esse reaproveitamento seja possível, o presente projeto estuda a possibilidade de adequação de óleo vegetal residual quanto ao índice de acidez através da adsorção, utilizando bauxita ativada e atapulgita. Foram realizados experimentos de regeneração com amostras de óleo residual em três tempos para cada adsorvente. Análises para caracterização físico-química foram feitas para verificação de parâmetros como índice de acidez, potencial hidrogeniônico e massa específica. Essas análises foram feitas inicialmente no óleo residual e também após a adsorção. Ambos adsorventes apresentaram bons resultados, e entre os dois agentes utilizados, a atapulgita se sobressaiu em relação à bauxita, apresentando uma maior porcentagem de redução do índice de acidez, sendo essa de 67,8% com 3 horas de contato, em comparação com a bauxita, que apresentou redução de 39,9% no mesmo tempo. Os resultados encontrados para pH e massa específica também apresentaram valores dentro do esperado, sendo assim a utilização dos dois agentes se provou viável.

Palavras-chave. Biodiesel. Óleo residual. Biomassa. Adsorção.

Introdução

A necessidade de se utilizar fontes energéticas renováveis vem, atualmente, trazendo o desenvolvimento de maneira sustentável de modo a preservar o planeta. Seja pelo crescente preço do petróleo ou pelos problemas ambientais trazidos pelos combustíveis fósseis, as fontes de energia renováveis se tornaram extremamente importantes (SILVA, 2011).

Dentre as alternativas, no Brasil destaca-se o potencial de produção de biodiesel utilizando biomassa como matéria-prima. Este processo apresenta inúmeras vantagens, como: redução de poluentes e contribuição para a longevidade e eficiência dos motores a diesel (GOMES et al., 2008; SILVA, 2011).

Em todo o mundo, as biomassas mais utilizadas para a produção de biodiesel são os óleos vegetais, seguidos de gordura animal e óleos e gorduras residuais. No Brasil, o óleo vegetal mais utilizado na produção de biodiesel é o óleo de soja, devido ao grande cultivo no país (QUESSADA et al., 2010).

Os óleos e gorduras residuais, vindos de processamento doméstico, comercial e industrial muitas vezes são descartados na rede de esgoto, o que causa danos nas tubulações e causa problemas no tratamento de água por conta de sua difícil degradação (MIYASHIRO et al., 2013).

A grande quantidade de óleo residual gerada anualmente no Brasil, somada aos prejuízos ambientais causados pelo mesmo, motiva o estudo de reaproveitamento desse material. A alternativa sugerida é a utilização como matéria-prima na produção de biodiesel, transformando o que seria descartado em fonte de energia, tendo como resultado muitos benefícios para a sociedade visto que além de minimizar os problemas de descarte, aumentaria a produção e utilização de biocombustível (MIYASHIRO et al., 2013).

Para a reutilização do óleo residual o mesmo deve ser purificado, visto que estudos mostram que sua utilização sem tratamento prévio apresenta desvios de especificação no produto final. Essa purificação visa deixar o óleo residual com características físico-químicas desejáveis, de forma que o biodiesel produzido seja de boa qualidade (CAMARGO et al., 2016; CASTRO et al., 2016).

Esse processo pode ser feito por meio de agentes adsorventes, que apresentam a capacidade de reter moléculas em sua superfície, removendo os contaminantes do óleo residual. Na maioria dos casos esse processo é eficiente e economicamente viável (ZANON, 2013).

Material e Métodos

Para a adequação do óleo residual, foram feitos experimentos de regeneração com amostras de óleo utilizando diferentes agentes adsorventes, sendo eles bauxita ativada e atapulgita. Inicialmente foi realizada a caracterização do óleo residual quanto ao índice de acidez, massa específica e pH. O índice de acidez foi determinado a partir de titulação volumétrica, de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz 325/IV (2008), utilizando hidróxido de potássio 0,1 $mol.L^{-1}$ como titulante e fenolftaleína como indicador.

Inicialmente a solução de hidróxido de potássio foi fatorada com biftalato de potássio para obtenção do fator da solução. Para a determinação do índice de acidez pesou-se em

balança analítica uma quantidade do óleo em um erlenmeyer e adicionou-se etanol neutralizado e fenolftaleína como indicador.

A titulação foi feita com a utilização de agitador magnético, até o aparecimento de uma coloração rosada persistente por 30 segundos. O volume gasto foi anotado. O índice de acidez (mg de KOH/g óleo) e o índice de acidez em % de ácido oleico foram calculados pelas Equações 1 e 2.

$$índice\ acidez = \frac{mL\ KOH.N.F.56{,}1}{g\ de\ amostra} \quad (1)$$

$$\%\ ácido\ oleico = \frac{mL\ KOH.N.F.28{,}2}{g\ de\ amostra} \quad (2)$$

Onde N= normalidade da solução de KOH e F= fator da solução de KOH. As análises foram feitas em triplicata.

A determinação da densidade foi feita utilizando densímetro digital. O aparelho traz o resultado da massa específica do óleo e da temperatura em que se encontra a amostra. Para a análise do pH utilizou-se fitas medidoras.

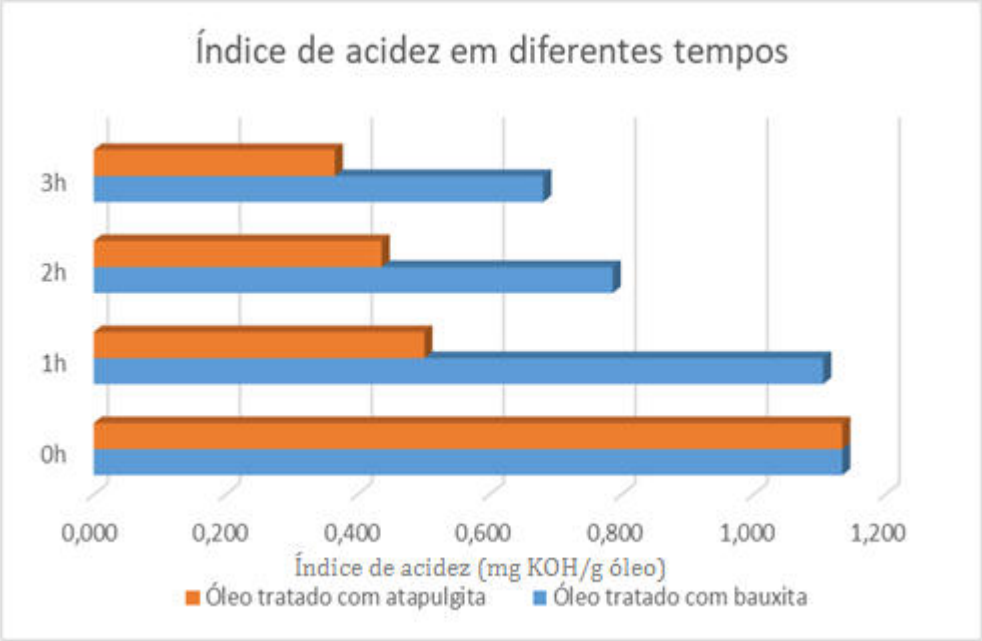
O processo de adsorção foi feito por contato direto, utilizando tempos diferentes de contato para cada adsorvente. Foram analisados os tempos de 1, 2 e 3 horas, de acordo com dados obtidos na literatura. Ao final do tempo de contato em cada amostra, as mesmas foram filtradas para a separação óleo/adsorvente.

A caracterização do óleo após a purificação foi feita de forma semelhante à caracterização da amostra do óleo bruto, com o diferencial de ser feito para 6 amostras diferentes. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Resultados e discussão

A partir dos testes realizados, o óleo residual pode ter suas características comparadas antes, e após a realização da adsorção. O índice de acidez inicial do óleo residual encontrado foi de 1,135 mg KOH/g óleo. A diminuição dos índices de acidez pode ser vista na Figura 1, que apresenta o índice de acidez na amostra original e os resultados encontrados nas 6 amostras, utilizando bauxita e atapulgita, e nos tempos de 1, 2 e 3 horas.

Figura 1. Índice de acidez em diferentes tempos.



Fonte: Os autores, 2018.

O índice de acidez foi reduzido e essa porcentagem de redução em cada amostra é apresentada na Tabela 1. O melhor tempo encontrado para ambos adsorventes foi o de 3 horas, onde são vistas as maiores porcentagens.

Tabela 1. Redução do índice de acidez.

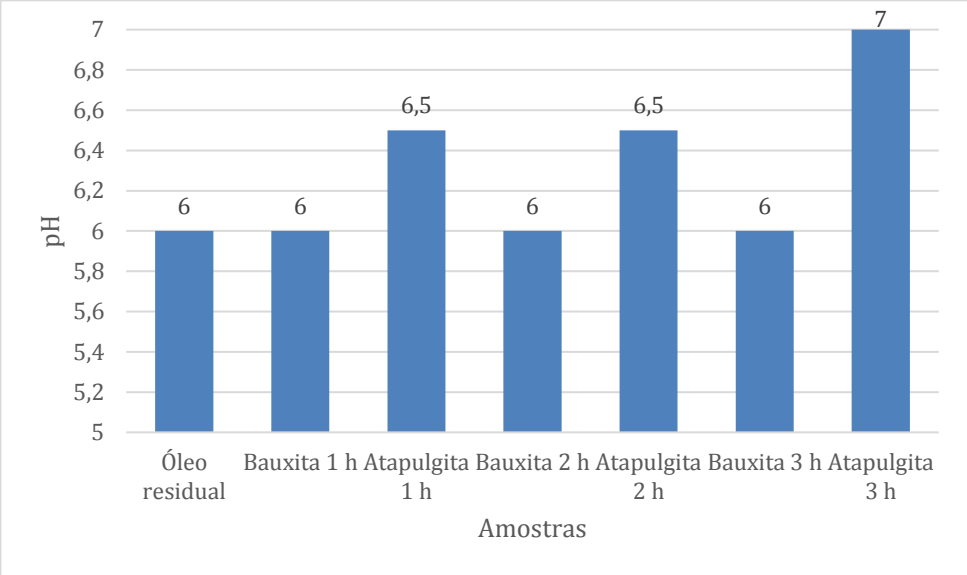
Adsorvente	1 Hora	2 Horas	3 Horas
Bauxita	2,54%	30,6%	39,9%
Atapulgita	55,8%	61,5%	67,8%

Fonte: Os autores, 2018.

Pode-se observar ainda que a atapulgita mostrou-se bastante superior à bauxita nesse tratamento, tendo redução de 67,8% no índice de acidez, enquanto a bauxita teve redução de 39,9% no melhor tempo.

Os pH's analisados para o óleo residual e para as amostras de óleo após a adsorção são expostos na Figura 2. O pH das amostras se manteve entre 6 e 7, valores determinados neutros, o que está de acordo com a normatização.

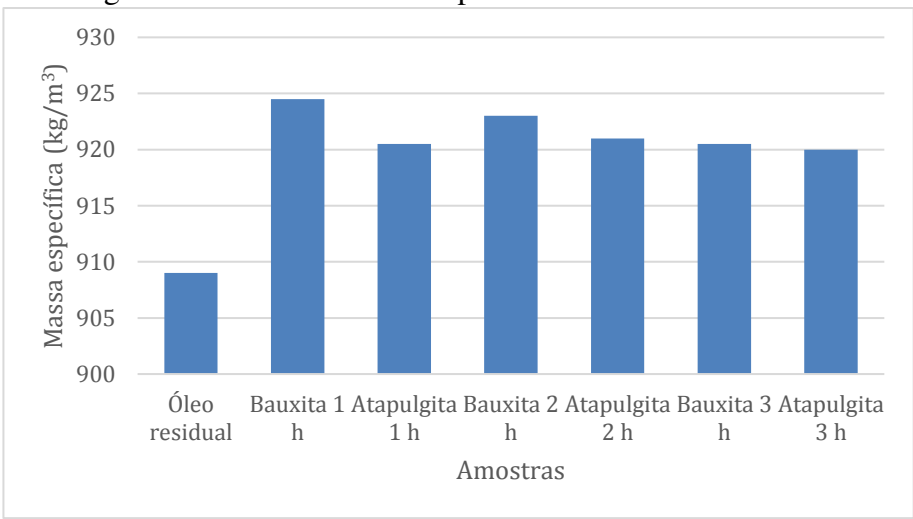
Figura 2. Análise de pH das amostras de óleo.



Fonte: Os autores, 2018.

A massa específica em kg/m3 à 20ºC do óleo residual e dos óleos tratados constam na Figura 3. Não houveram grandes alterações na massa específica do óleo antes e após a purificação, sendo que todas as amostras ficaram entre 900 e 925 kg/m^3.

Figura 3. Análise de massa específica das amostras de óleo.



Fonte: Os autores, 2018.

Conclusões

O potencial de produção de biodiesel no Brasil, principalmente utilizando óleo de soja como matéria-prima é muito grande. O reaproveitamento do óleo residual deve ser explorado, porém é necessário que o produto se enquadre nas especificações.

A utilização de agentes adsorventes nessa adequação se mostrou adequada dentro dos parâmetros analisados, visto que foram encontrados resultados satisfatórios para índice de acidez, pH e massa específica.

O melhor tempo encontrado dentro dos analisados foi o de 3 horas, sendo que dentre os agentes a atapulgita apresentou os melhores resultados, que são visivelmente superiores aos encontrados nas amostras onde foi utilizada a bauxita ativada.

Agradecimentos

Agradeço a PUC-PR pelo apoio e a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a confecção deste trabalho.

Referências Bibliográficas

CAMARGO, R. P. L.; OLIVEIRA, I. C.; PEREIRA, J.; SIQUEIRA, A. J.; FILHO, N. R. A. (2016) *Produção de biodiesel etílico a partir de ácidos graxos livres obtidos de óleos residuais de fritura.* Disponível em: <https://bit.ly/2XCIy7V>. Acesso em: 28/03/2019.

CASTRO, M. D. G.; MORENO, I. L.; GIMENES, M. A.; BISPO, A. C. M.; GORDONO, F. S. (2016) *Análise do processo de transesterificação e esterificação do óleo residual de fritura para produção de biodiesel: proposta de adequação à requisitos regulamentares técnico ANP nº 3/2014.* Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_119.pdf>. Acesso em: 28/03/2019.

GOMES, S. V.; LIMA, A. A. T.; REZENDE, J. (2008) *Biodiesel: uma nova fonte em potencial produtivo e econômico.* Disponível em: <https://bit.ly/2GAzvwe>. Acesso em: 28/03/2019.

MIYASHIRO, C. S.; OLIVEIRA, C.; CAMPOS, E.; TELEKEN, J. (2013) Produção de biodiesel a partir da transesterificação de óleos residuais. *Revista brasileira de energias renováveis*. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/33814>. Acesso em: 28/03/2019.

QUESSADA, T. P.; GUEDES, C. L. B.; BORSATO, D.; GAZZONI, B. F.; GALÃO, O. F. (2010) Obtenção de biodiesel a partir de óleo de soja e milho utilizando catalisadores básicos e catalisador ácido. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia, vol.6, N.11*. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/obtencao.pdf>. Acesso em: 28/03/2019.

SILVA, T. A. R. B. (2011) *Biodiesel de óleo residual: produção através da transesterificação por metanólise e etanólise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais.* Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17506/1/t.pdf>. Acesso em: 28/03/2019.

ZANON, E. (2013) *Estudo de agentes adsorventes para a redução do índice de acidez de óleo residual para a produção de biodiesel.* Disponível em: <https://bit.ly/2PBmsPD>. Acesso em: 28/03/2019.

Quantificação do Teor de Sólidos Solúveis Totais (Brixº) de Biomassa de *Eichhornia crassipes* através Hidrólise com Ácido Sulfúrico

Wallace Lima Paulo[1], Maria Cristina Souza[2], Julianno Pizzano Ayoub[3], Gabriel Menon de Lima[4], Cynthia Beatriz Furstenberger[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste- Guarapuava, Paraná, Brasil, wlp.florestal@gmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste*

[3]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[5] *Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

A estimativa da quantidade de sólidos solúveis totais é um processo importante na fabricação de bioetanol. Cada agente fermentador possui condições ideais de trabalho, sendo preferível intervalos de teor de ºBrix entre 12 e 18 para que as reações metabólicas tenham maior eficiência. Desta forma o objetivo desse trabalho foi de quantificar o teor de sólidos solúveis totais em amostras de aguapé a partir de hidrolise com ácido sulfúrico. Foram utilizados os caules e as folhas das plantas processados em liquidificador. As amostras de biomassa foram estudadas em sua umidade natural. Os ensaios de hidrólise foram realizados em triplicatas sendo utilizado 20mL ácido sulfúrico a uma concentração de 2%v/v e 3 gramas de aguapé. As características do ácido utilizado são concentração de 95-98%, peso molecular 98.08, densidade 1.840g/mL e cor APHA 10. As misturas de solução e os ensaios foram realizadas em capela, através de agitador magnético a temperatura de 80ºC, por um período de noventa minutos. Os ensaios foram realizados em erlenmeyers de 100 mL, sendo que a solução foi incialmente aquecida à temperatura de 80ºC e posteriormente as amostras de aguapé foram inseridas. Os teores de sólidos totais foram medidos através de um refratômetro digital portátil de grau brix, sendo que os valores foram na média de 0,866 para o tempo zero e 2,4 em 90 minutos, e desvio padrão de 0,11547 e 0,2, respectivamente. Novos estudos com o aumento da temperatura até 120ºC e o aumento da concentração devem ser realizados para se obterem melhores resultados. O ácido sulfúrico diluído e uma concentração 2%v/v possui baixo potencial de hidrolise a 80ºC.

Palavras-chave. Bioetanol. Lignocelulósicos. Açucares. Aguapé. Glicose

Capítulo 4. Outras Fontes de Biomassa

ANÁLISE INICIAL DAS PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DA CASCA DE *Citrus sinensis*

Aldiney Luiz dos Santos[1], Kleber Vicente Gouveia Filho[2], Carlos Rogério Andrade[3], Thiago Henrique Marques de Jesus[4]

[1]Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, (aldineyluizef@gmail.com), [2]Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, [3]Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, [4]Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Campus Chapadão do Sul.

Resumo

O Brasil produz elevada quantidade de laranja (Citrus sinensis) e é considerado o país que possui a maior produção mundial deste fruto. Grande parte da produção brasileira destina-se à indústria de sucos. Um dos principais problemas enfrentados por estas industrias é o grande volume de resíduos. Portanto, pensando em uma alternativa de se aproveitar esta biomassa, o presente trabalho teve o objetivo de se determinar algumas propriedades energéticas da casca de laranja e assim poder indicar se estes rejeitos possuem a capacidade de serem utilizados como fonte energética. As cascas usadas para a realização das análises foram obtidas no comércio local da cidade de Jataí, GO. Foi realizado análise química imediata (umidade, teor de materiais voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo) e também análise física de densidade a granel. A Umidade e a densidade a granel foram feitas em três repetições e apresentaram os seguintes resultados 72,45 ± 2,12 % e 0,238 ± 0,005 g/cm³, respectivamente. Considerando que estes valores de umidade e densidade não são os recomendados para energia, recomenda-se a secagem deste material. O teor de materiais voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo foram feitos em duplicata e obtiveram 76,11 ± 0,0071 %, 4,34 ± 0,0141 % e 19,55 ±0,0071 %, respectivamente. Deste modo pode se dizer que os resíduos das indústrias de suco de laranja apresentam capacidade energética e podem ser explorados como uma nova fonte energética.

Palavras-chave. Casca de laranja; aproveitamento de resíduos; fonte energética.

Aprendizado de máquinas aplicado à produção de biomassa de microalgas através da calibração e validação de fotossensores

Helena Ferreira Bracarense[1], Thiago Nishimura[1], Caio Filus Felisbino[1], Marcos Vinicius Gandra de Souza[1], Rafaela Costa Mirabile[1], Paulo Berbeka Cleto, André Bellin Mariano[1,2]

[1]*Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba,* helenabracarense@gmail.com

[2]*Professor adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR,*

Resumo

O acompanhamento diário das condições de cultivo em fotobiorreatores ou tanques para avaliação das condições celulares e produtividade consome tempo importante dos pesquisadores e produtores de biomassa de microalgas. As análises consistem na medida direta do crescimento celular através da determinação de biomassa seca e/ou contagem celular, ou ainda medidas indiretas através do uso de medição da turbidimetria ou absorbância. Condições metabólicas são verificadas pela determinação do pH do cultivo e concentração de clorofila, carboidratos, proteínas e lipídeos. Com o intuito de facilitar o trabalho com microalgas, e também fornecer dados precisos, sensores são conectados aos cultivos e fornecem informações em tempo real sobre o cultivo celular. O alto custo dos sensores comercias inviabilizam a popularização do seu uso e limitam a quantidade de dados coletados em experimentos científicos ou produção industrial. Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento de sensor de baixo custo para o acompanhamento do cultivo de microalgas em fotobiorreatores baseado em arranjos de LDR (Light Dependent Resistor / Resistor dependente de Luz) e LED (light-emitting diode / Diodo emissor de Luz) acoplados a um sistema embarcado (ESP8255MOD) com calibração através de técnica de aprendizado de máquina (machine learning) conhecida como regressão linear. Essa pesquisa é uma continuidade das iniciativas do Projeto Ciência para Todos da UFPR e desenvolvidas no NPDEAS (Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável) para a automação do cultivo celular. O dispositivo denominado de BIO+ foi calibrado para a determinação da concentração celular da microalga Tetradesmus obliquus *cultivada em meio sintético. A microalgas foram cultivadas por 15 dias em fotobiorreatores do tipo Erlenmeyer em sala de cultivo climatizada à 25°C, 2500 lux e vazão de ar de 1 L.min^{-1}. Durante todo o cultivo foram realizadas análises manuais de biomassa seca por gravimetria, determinação de absorbância (540 nm) e contagem celular em câmera de Neubauer (número de células x 10^4.mL^{-1}). Cada análise foi realizada em triplicada e os dados apresentados como média ± desvio padrão. Ao final do cultivo, foram realizadas diluições de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100% para determinação do valor medido pelo sensor (β) em comparação aos dados de biomassa seca e concentração celular. Os dados medidos pelo sensor (β) foram utilizados na técnica de regressão linear como entrada e cruzados com os valores reais de saída determinados laboratorialmente. Como resultado final, os valores de β e as medições reais apresentaram correlações superiores à 0,98 em todos os gráficos gerados, demonstrando a viabilidade do uso do BIO+ para acompanhamento de cultivos de microalgas.*

Palavras-chave. *Inteligência Artificial, Biomassa Microalgas, Automação*

Automação 4.0 de Esmagadora de Grãos e Aplicação Energética de Óleo de Amendoim

Cristiano Fernando Lewandoski[1], Reginaldo Ferreira Santos[1], Jair Antonio Cruz Siqueira[1], Amauri Ghellere Garcia Miranda[1], Bruna de Villa[1], Guilherme Lucas Stopa[2]

[1] *Departamento de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidades Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, Paraná, Brasil. Email: Cristiano.lewandoski@unioeste.br*

Resumo

A busca pelo aperfeiçoamento tecnológico do setor do agroindustrial com ênfase em matrizes energéticas alternativas, somado ao fato de cumprir uma legislação ambiental ativa, desempenha um processo decisivo como fator de competitividade e sustentabilidade. Esse artigo tem como objetivo o desenvolvimento da automação para indústria 4.0 de prensa extrusora de óleo vegetal utilizando uma interface homem máquina (IHM) e um controlador lógico programável (CLP) para realização da prensagem de Amendoim "*Arachis hypogaea"*. O sistema implementado na máquina substitui as decisões do operador e gerencia as informações vitais do processo para monitoramento e padronização do óleo e do processo. O *software* de controle industrial que permite o comando e a monitorização da máquina em nível de Automação 4.0 contempla um modo de comando manual e vários modos de demonstração de funcionamento, com um grau crescente de automatização, recorrendo aos diversos meios existentes na máquina. Para verificar a qualidade do processo de controle foi realizada a análise em cinco níveis (RPM) rotação por minuto de sua extração em comparação a quatro níveis de temperatura, e no óleo bruto, foram realizadas as análises de massa específica a 30ºC e viscosidade cinemática a 40ºC. Após obtenção dos dados, os resultados foram submetidos à análise de regressão e quando significativo às médias foram comparadas pelo teste "t" ($p \leq 0,05$). Em baixa temperatura (110°C a 120°C) as rotações foram iguais, não variaram. Já em temperatura de 130°C-140°C e 140°C-150°C houve diferença entre rotações. Baixa rotação (1000rmp e 1400rpm) resultou em menor extração.

Palavras-chave. Amendoim, Óleo Vegetal, Automação 4.0.

Introdução

Atualmente, a automação está presente em toda a atividade industrial e agrícola, sendo as máquinas, os elementos chave para o aumento do desempenho produtivo. A necessidade de criar máquinas automatizadas aumenta as exigências feitas, cada vez mais, pela indústria ao nível de flexibilidade, qualidade e produtividade, dependendo do trabalho em execução (JM Rosário, 2009).

A Quarta Revolução Industrial tem como o desenvolvimento de novos produtos, materiais ou processos através da capacidade de integrar a internet aos equipamentos possibilitando as máquinas conversarem com as máquinas tomando decisões programadas (KARGERMANN et al., 2013).

A prensa extrusora estudada já atende pequenos e grandes agricultores que buscam se independer da compra de farelo para alimentação animal. O equipamento tem como característica determinante e exclusiva, a retirada do óleo a frio sem nenhuma composição de produtos químicos ou aquecimento externo dos grãos, eliminando, dessa forma, vários procedimentos que hoje são utilizados pela indústria, possui considerável economia de energia elétrica, sendo o custo para aquisição deste equipamento, menor que os existentes no mercado, o que viabiliza o desenvolvimento sustentável e possibilita a produção do próprio combustível e farelo natural sem agressão ao meio ambiente num sistema ecologicamente correto (FREITAS; NAVES, 2010).

O amendoim é uma oleaginosa originada da América, sendo utilizada como planta domesticada pelas civilizações indígenas sul-americanas há 3800 anos. As espécies do gênero Arachis são aquelas encontradas no Brasil, Paraguai, Argentina, Bolívia e Uruguai. Até a época pré-colombiana, o amendoim só era cultivado na América do Sul, América Central e México, sendo levado posteriormente para a África e Ásia, graças aos colonizadores portugueses e espanhóis. Nos países desses continentes, o amendoim constitui uma das principais fontes proteicas e calóricas das populações pobres (Hammons citado por NOGUEIRA & TÁVORA, 2005). A produção de amendoim no Brasil teve grande importância até o início dos anos 70, ocupando papel de destaque no suprimento interno de óleo vegetal e na exportação de subprodutos. A prosperidade da cultura foi afetada por diversos fatores políticos, tecnológicos e mercadológicos, levando à redução do cultivo nacional e modificação no perfil do mercado. (FREITAS et al., 2005).

Objetivos Geral

Automação de prensa extrusora de grãos para utilização em espécies vegetais oleaginosas, utilizando um sistema de automação 4.0 para eficiência na extração do óleo de Amendoim.

Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido no laboratório do CDTER – Centro de Desenvolvimento de Difusão Tecnológico de Energia Renovável, Laboratório da Unioeste, em parceria com a FUNDETEC - Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico, no mês de janeiro de 2019. Localizado na BR 277 Km 573 - Trevo para São João - Cascavel/PR.

No projeto utilizamos uma Prensa Z-1500 de fabricação da empresa Galvão Insumos, com alimentação geral em 220Vac trifásico, com um motor de 0,5CV para alimentação dos grãos SEW e o motor principal de 7,5CV SEW, com rotação máxima de 1800 rpm. O projeto foi desenvolvido utilizando a última tecnologia de automação 4.0, com um CLP S7-1200 CPU1215C, Fonte Delta de 2,5A 24Vdc, Uma IHM Touch KTP900, dois inversores modelos G120C todos do fabricante Siemens, onde todos os equipamentos estão em rede Profinet “Internet Industrial” com esse protocolo permite uma rápida comunicação de comandos entre os hardwares da extrusora e outros externos se houver necessidade. Abaixo a Figura 01 Arquitetura da Automação.

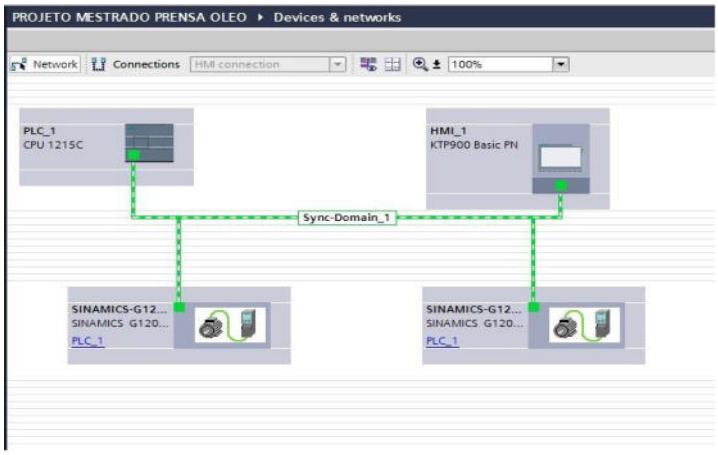


Figura 01: Rede de comunicação Profinet.
Fonte: Cristiano Lewandoski

Nesse experimento foram utilizadas sementes de Amendoim Branco, na medição de temperatura utilizamos sensores tipo PT100 com escala de -100°C até +400°C modelo FSB-RTD-BRA-T60-U23-B03-C15-BF Novus, para converter o sinal elétrico do PT100 para o sinal de 4-20mA utilizamos um transdutor modelo TxBlock Novus.

Para o controle e ajuste de rotação e temperatura do experimento usamos uma IHM (Interface Homem Máquina) instalada no equipamento.

A variação de velocidade de (RPM) do motor do fuso de extração de óleo foi possível com a instalação de um Inversor de Frequência da marca Siemens modelo G120C. Abaixo a figura 02 mostrando a variação de velocidade da rotação em RPM.

Figura 02: Inversor de Frequência G120C.
Fonte: Cristiano Lewandoski

Para a extração de óleo, cinco níveis de rotação do motor principal da extrusora sendo 1000, 1200, 1400, 1600 e 1800 rotações por minutos (RPM), para ajustar a temperatura usamos três traços elétricos de 500w fixados na camisa aonde se encontra do fuso de extrusão

para aumentar a temperatura interna. Os níveis de temperatura que utilizamos no experimento foram 110°C a 120°C, 120°C a 130°C, 130°C a 140°C, 140°C a 150°C.

Rendimento de Óleo (óleo%)

Depois de extraído, o óleo foi deixado em repouso por 5 dias para decantar o resíduo e depois filtrar em papel. O rendimento do processo de extração foi obtido pela razão entre a massa de sementes que entrou no processo e o óleo obtido após o processo de filtração (Equação 1), conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (2008), conforme equação 1.

$$Oil\% = \frac{m_1 . 100}{m_2} \quad (1)$$

Viscosidade a 40 (° C)

Foi utilizado um viscosímetro Brookfield (modelo LVDV-III +). O viscosímetro acoplado a um banho termostático, permitindo a medição da viscosidade dos óleos na faixa de 40 ° C, com precisão na temperatura de 0,5 ° C.

Massa Específica (ρ)

Uma massa de 1 kg da amostra de sementes oleaginosa foi pesada num copo de 1000 ± 10 mL e colocada sob vibração num agitador Bertel durante 5 segundos. Após essa operação, foi lido o volume ocupado e determinada a relação entre massa e volume ocupado (kg m-3), conforme a Equação, conforme Equação 2

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Resultados e discussão

Quanto aos aspectos nutricionais, o amendoim é rico em óleo, proteína, vitaminas E, B e complexos minerais. A farinha desengordurada pode ser utilizada na fabricação de subprodutos alimentares, constituindo um alimento muito rico nutricionalmente (FREIRE et al., 2005). O teor de óleo no amendoim varia conforme a cultivar, tendo valor médio de 44% (MORETTO e FETT, 1998).

Primeiro, para todas as rotações, quanto maior a temperatura maior o rendimento, pois os ajustes foram lineares crescentes.

Nosso resultado do óleo de amendoim, prensado a frio teve coloração amarelo-dourado, marrom ou âmbar. Apresenta-se viscosidade igual à maioria dos óleos vegetais.

A prensagem do amendoim com casca aumenta a temperatura da extração no canhão da extrusora devido ao atrito das cascas e baixa umidade dos grãos. Resultados observado por Zheng et al. (2005) discutiram a energia mecânica específica durante a prensagem de sementes com casca e descascadas. Seus resultados indicaram que redução do teor de

umidade da semente de amendoim (de 10% para 8%) provocou atrito entre as sementes, gerando aumento significativo na energia mecânica específica e calor.

Tabela -01 – Tabela de Resultados da Extração de Óleo de Amendoim

Tratamentos	Extração de óleo bruto (%)	Viscosidade (mm^2/s) 40°C	Massa específica (g/cm^3)
Temperatura (°C)			
110 – 120	29,9	4,52	0,8711
120 – 130	35,5	4,65	0,8719
130 – 140	44,3	4,89	0,8783
140 – 150	48,6	5,25	0,8791
RPM (min^{-1})			
1000	29,5	4,12	0,8701
1200	34,9	4,27	0,8713
1400	37,8	4,50	0,8741
1600	43,7	4,93	0,8781
1800	47,8	5,33	0,8821
Teste F	————Probabilidade de F————		
Temperatura (A)	<0,000	<0,000	0,174
RPM (B)	<0,000	<0,000	<0,000
A × B	0,010	<0,056	0,490
CV (%)	5,6	0,94	0,31

Conclusões

As propriedades físicas do óleo de Amendoim são afetadas pela extração em diferentes temperaturas e rotação da extrusora. Os parâmetros de qualidade do óleo massa específica e viscosidade foram maiores com temperatura de extração de 140 a 150 °C. O rendimento de óleo foi beneficiado pela extração com temperatura de 140 a 150 °C e rotação de 1800rpm.

Referências Bibliográficas

AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY - AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society.** Champaign, 2009, 1200p.

ANTONIASSI, R. Prensagem em pequena escala. **Árvore do conhecimento, Tecnologia de alimentos.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Acesso em: 16 jul. 2013. Online. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/Abertura.html#>.

BOLONHEZI, D. Colheita e pós-colheita do amendoim. In: SANTOS, R. C. (Ed). **O agronegócio do amendoim no Brasil.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p. 247 - 251.

BOLONEHZI, D., GODOY, I. J., SANTOS, R. C. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R. C. (Ed). **O agronegócio do amendoim no Brasil.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p. 195 - 232

BOSS, Edinara A. **Análise do desempenho de plantas de extração de óleos convencionais e de processos supercríticos**. 2000. 121p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Química, Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2000

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas.** 5. ed. Nova Iorque: Mcgraw-hill, 2013. 698 p. Trandução de: Anatólio Laschuk.

COLODETTI, Tafarel Victor et al. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. Enciclopédia Biosfera, Goiania: **Centro Cientifico Conhecer**, Goiania, v. 8, n. 14, p. 258-269, 2012.

FARIA, Ivan Dutra et al. **A Utilização de Óleo Vegetal Refinado como Combustível - Aspectos Legais, Técnicos, Econômicos, Ambientais e Tributários.** Brasilia: Centro de Estudos e Consultoria do Senado, 2010. 64 p.

FERNANDES, Fábio Matos et al. BIODIESEL NO MUNDO E NO BRASIL: SITUAÇÃO ATUAL E CENÁRIOS FUTUROS. In: CONGRESSO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 10. 2015, São Paulo. **Anais... .** São Paulo: USP, 2015. p. 1 - 10.

FREITAS, Márcio de Campos Martins de. A Cultura da Soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer,** Goiânia, v. 7, n. 12, p.1-11, maio 2011.

GALVÃO, Elisângela Lopes et. al. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.28, n. 3, p. 551-557, jul./set. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a08v28n3.pdf>. Acesso em: 05 maio 2011.

GUERREIRO, J. F. **Cultura do amendoim**. Cruz das Almas: IPEAL, 1973. 10p. (IPEAL. Circular, 28)

GUERRA, Edson Perez; FUCHS, Werner. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica,** Curitiba, v. 8, n. 1, p.103-112, jan. 2010. Trimestral.

Kartika, I.A.; Pontalier, P.Y. and Rigal, L. 2005. Extraction of sunflower oil by twin screw extruder: Screw configuration and operating condition effects. *Bioresource Technology*

IMTENAN, S. et al. Emission and Performance Improvement Analysis of Biodiesel-diesel Blends with Additives. **Procedia Engineering**, v. 90, p.472-477, 2014.

INOUE, Gerson Haruo. **Uso do óleo vegetal em motor estacionário ciclo diesel.** 2008. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V.. O BIOCOMBUSTÍVEL NO BRASIL. **Novos Estudos,** São Paulo, v. 1, n. 78, p.15-21, jul. 2007.

LIU, Keshun. **Soybeans:** chemistry, technology, and utilization. Eua: An Aspen Publication, 1997. 531 p.

MACHADO, Paulo Romeu Moreira. **Avaliação de desempenho de óleo de soja como combustível para motores diesel.**2003. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agricola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

MANZANO, Adílson. **Extração mecânica de óleos vegetais**. São Paulo: Portal Rural Soft, 2009.Disponível em: <http://www.portalruralsoft.com/manejo/manejoExibe.a sp?id=105>. Acesso em: 12 maio 2011.

MELO, José Antônio Sales de. **Inovação tecnológica:** o uso direto de óleos vegetais como vetor energético no brasil. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2009.

MOREIRA, Deny Cesar. Uso de óleos vegetais puros como combustíveis para motores diesel. **Desafios: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins,** Araguaína, v. 2, n. 2, p.240-251, 31 maio 2016. Universidade Federal do Tocantins.

MORET, Artur de Souza; GUERRA, Sinclair Mallet Guy. GERAÇÃO DE ELETRICIDADE E QUALIDADE DE VIDA: ANÁLISE DE UM SISTEMA APLICADO. **Delos: Desarrollo Local Sostenible,** Málaga, v. 5, n. 14, p.1-10, jun. 2012.

NEPOMUCENO, Alexandre Lima; FARIAS, José Renato Boucas; NEUMAIER, Norman. **árvore do conhecimento da soja:**características da soja. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 12 jun. 2017.

PIGHINELLI, A.L.M.T. et al. Otimização da prensagem de grãos de girasol e sua caracterização**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 63 – 67, 2009.

Rosário, João Mauricio **Automação Industrial /** João Mauricio Rosário. – São Paulo: Baraúna, 2009;

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. ***Administração da produção***. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Dinâmica da população microbiana e a produtividade de biogás no processo de co-digestão de dejeto bovino com soro de ricota, e dejeto bovino com resíduos de Estação de Tratamento de Esgoto de cervejaria

Guilherme Henrique da Silva[1], Marcelo Otenio[2], Renan Loures[3], Nathan Barros[4]

[1]*Aluno do Curso de mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Juiz de Fora, gui_juizdefora@hotmail.com*

[2]*Pesquisador Embrapa Gado de Leite*

[3]*Aluno do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Rede de Ensino Doctum*

[4]*Professor do Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora*

Resumo

Um dos processos de conversão energética da biomassa é a biodigestão anaeróbia (BA), no qual microrganismos anaeróbios produzem o biogás. O desempenho da BA está relacionado com a estrutura da comunidade microbiana, diversificada, presente no biodigestor, e atua em quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. A co-digestão é uma alternativa viável que consiste na BA de ao menos dois substratos dentro do biodigestor. Neste trabalho, utilizou-se, além do dejeto bovino (DB), o soro de ricota (SR) e o resíduos de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de cervejeira (CER), ambos considerados resíduos industriais e poluentes, tanto pelo volume gerado quanto pela alta taxa de demanda biológica de oxigênio (DBO). O objetivo do trabalho foi caracterizar a diversidade e monitorar a população microbiana durante o processo de co-digestão, e sua relação com a produtividade de biogás. Neste trabalho, 7 biodigestores modelo plug-flow (60 litros com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias), foram instalados na Empresa Brasileira de Agropecuária, Embrapa Gado de Leite em Juiz de Fora, operados por 184 dias, dividido em 3 fases: a primeira fase (15 dias), para estabelecimento anaeróbio dos biodigestores, abastecimento exclusivo com DB; a segunda fase (30 dias), para aclimatação do inóculo, com abastecimento com resíduos em co-digestão; e a terceira fase denominada co-digestão plena (139 dias), os biodigestores trabalharam com mistura em co-digestão. Para alimentação dos biodigestores preparou-se dois tipos de mistura (afluentes) para o abastecimento diário, em 3 concentrações. Três biodigestores abastecidos com DB misturado nas concentrações de 20% (SR1), 40% (SR2) e 80% (SR3) de SR. Outros três, com DB misturado nas concentrações de 20% (CER1), 40% (CER2) e 80% (CER3) com resíduos de ETE de CER. O sétimo biodigestor foi abastecido somente com DB (controle). Coletou-se 8 amostras das diversas misturas na última fase da BA, durante 139 dias, em 3 torneiras na parte inferior dos biodigestores. Duas espécies de bactéria, Escherichia coli e Pseudomonas aeruginosa, foram caracterizadas e monitoradas como representantes da fase acidogênica. A quantificação do volume de biogás produzido foi medida em uma escala graduada, nos gasômetros. Para acompanhar a qualidade do gás produzido, cálculo de rendimento, utilizou-se cromatografia gasosa. Os resultados mostraram que os biodigestores abastecidos com DB e SR, apresentaram um equilíbrio/manutenção no números de microrganismos, semelhantes nas 3 torneira, e a produtividade de biogás ficou acima de 50%, como por exemplo: SR2: Pseudomonas T1= 4,385; T2= 4,291; T3= 4,200 log UFC/ml / E.coli T1= 4,876; T2= 4,771; T3= 4,666 log UFC/ml. Nos biodigestores abastecidos com DB e resíduos de ETE de CER, ocorreu uma redução no número de microrganismos nas sequências de torneiras, e a concentração de metano produzido ficou abaixo de 50%, como por exemplo: CER3: Pseudomonas T1= 2,209; T2= 1,563; T3= 0,500 log UFC/ml / E.coli T1= 2,421; T2= 2,021; T3= 1,751 log UFC/ml. O acompanhamento dos biodigestores possibilitou relacionar a manutenção dos microrganismos e o seu número com a produtividade de biogás, confirmando que a co-digestão de DB com SR é viável e do DB com CER é

inviável no decorrer do processo, pela diminuição da população de bactérias essenciais ao bioprocesso e consequente baixa produção de biogás.

Palavras-chave. Biodigestor. Biomassa. Bioprocesso. Microrganismo.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Embrapa Gado de Leite pelo financiamento do projeto e a CAPES.

EFEITOS DA EXPRESSÃO CONSTITUTIVA DOS GENES *TPO2* E *TPO3* NA TOLERÂNCIA AO ÁCIDO ACÉTICO DE UMA LINHAGEM INDUSTRIAL DE *Saccharomyces cerevisiae*

Eduardo Zanella[1], Bruna Raquel de Souza [2], Boris Ugarte Stambuk[3]

[1,2,3]*Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras – LBMBL, Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.*e-mail: zanella.e@gmail.com.*

Resumo

Na levedura Saccharomyces cerevisiae os genes TPO2 e TPO3 codificam transportadores de membrana supostamente necessários para a rápida adaptação da espécie ao ácido acético. O ácido é um dos principais inibidores do metabolismo celular de leveduras encontrados nos hidrolisados lignocelulósicos destinados à produção de etanol de segunda geração, cuja capacidade de se difundir e se acumular no interior celular resulta na acidificação do citosol da levedura e, em certas circunstâncias, leva à morte celular programada. O papel dos transportadores TPO2 e TPO3 na tolerância de S. cerevisiae ao ácido acético parece estar relacionado a extrusão que esses transportadores fazem dos ânions acetato acumulados no meio intracelular para o meio extracelular. Com o objetivo de verificar se a expressão constitutiva desses transportadores trariam algum benefício a tolerância de S. cerevisiae ao ácido acético, este trabalho alterou a região promotora original dos genes TPO2 e TPO3 de uma linhagem industrial recombinante da espécie (MP-C5). Para isso, a região promotora de cada gene foi substituída por um módulo de sobre-expressão contendo o promotor constitutivo P_{ADH1} , e os níveis de expressão dos genes alvo foram avaliados por RT-qPCR. Os efeitos da modificação da região promotora de cada gene na tolerância ao ácido acético das linhagens recombinantes criadas foram analisados preliminarmente através de crescimentos em microescala utilizando-se meio sintético mínimo (Yeast Nitrogen Base With Amino Acids) acrescido de 20 $g{\cdot}L^{-1}$ de xilose ou glicose como fonte de carbono, e concentrações crescentes de 0-6 $g{\cdot}L^{-1}$ de ácido acético. A produção de etanol pelas cepas construídas foi avaliada enzimaticamente utilizando as enzimas álcool oxidase e peroxidase. Enquanto a expressão constitutiva do gene TPO2 não alterou o perfil de crescimento e a tolerância ao ácido acético da linhagem recombinante construída (BRY-TPO2M), a expressão constitutiva do gene TPO3 diminuiu a performance de crescimento da levedura recombinante criada (BRY-TPO3M) que teve sua tolerância ao ácido reduzida de 3,6 $g{\cdot}L^{-1}$ para 2,4 $g{\cdot}L^{-1}$ em ambas as fontes de carbono. De forma similar, a levedura parental e a levedura recombinante BRY-TPO2M produziram aproximadamente 7 $g{\cdot}L^{-1}$ de etanol em glicose e 4 $g{\cdot}L^{-1}$ de etanol em xilose. Enquanto isso, a levedura BRY-TPO3M produziu apenas 5 $g{\cdot}L^{-1}$ de etanol em glicose, e foi incapaz de produzir etanol em xilose. A piora ou não alteração dos perfis de tolerância ao ácido acético observado para as leveduras recombinantes construídas sugerem que a estratégia utilizada para modificar a região promotora de ambos os genes, TPO2 e TPO3, não foi suficiente para melhorar a tolerância da espécie S. cerevisiae ao ácido acético.

Palavras-chave: *hidrolisado, inibidores, pré-tratamento, transportadores multidrogas.*
Apoio financeiro: *FAPESC, FINEP, CAPES e CNPq.*

EFEITOS INIBITÓRIOS DE DERIVADOS DE FURANO E ÁCIDOS FRACOS NO CRESCIMENTO CELULAR E PRODUÇÃO DE ETANOL POR *Sugiyamaella xylanicola*

Eduardo Zanella[1], Boris Stambuk[2]

[1,2]*Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras – LBMBL, Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.*e-mail: zanella.e@gmail.com*

Resumo

Os hidrolisados lignocelulósicos destinados a produção de etanol de segunda geração (etanol 2G) contém compostos derivados do furano como o furfural e 5-hidroximetilfurfural - HMF e os ácidos acético e fórmico. Estes compostos são capazes de inibir o crescimento celular e a fermentação de diversas espécies de leveduras. Dessa forma, a busca por novas espécies que sejam capazes de tolerar tais compostos é uma alternativa para essa problemática. Nesse sentido, esse trabalho avaliou a tolerância da levedura Sugiyamaella xylanicola frente aos compostos furânicos e ácidos fracos. Essa tolerância foi determinada através da cinética de crescimento celular realizadas em placas de 96 poços contendo meio sintético mínimo suplementado com 20 g L^{-1} de glicose ou xilose e concentrações crescentes de furfural (0-4,0 g L^{-1}), 5-hidroximetilfurfural (0-4,0 g L^{-1}), ácido acético (0-3,6 g L^{-1}) e ácido fórmico (0-0,4 g L^{-1}) separadamente. A produção de etanol foi avaliada enzimaticamente utilizando as enzimas álcool oxidase e peroxidase. A presença da menor concentração testada de furfural (0,5 g L^{-1}), em ambas as fontes de carbono, já foi suficiente para inibidor totalmente o crescimento celular e a produção de etanol. Quando o inibidor testado foi o HMF, em glicose, a levedura foi capaz de tolerar até 2,0 g L^{-1} desse furano. Nesse mesmo inibidor, quando a fonte de carbono foi xilose, concentrações de 0,5 g L^{-1} e 1,0 g L^{-1} aumentaram o crescimento celular em relação ao crescimento controle, sem o inibidor. Por outro lado, em nenhum ensaio onde o HMF esteve presente foi possível observar a produção de etanol. Nos crescimentos contendo ácido fórmico e quando a fonte de carbono foi glicose a levedura foi capaz de tolerar até 0,46 g L^{-1} produzindo 4,7 g L^{-1} de etanol nessa condição. Em contrapartida, na presença de xilose e ácido fórmico concentrações de 0,26 g L^{-1} e 0,46 g L^{-1} aumentaram o crescimento celular embora a produção de etanol, 0,84 g L^{-1} e 0,28 g L^{-1} respectivamente, foi menor se comparado quando a fonte de carbono foi glicose. Por fim, quando a levedura foi exposta ao ácido acético essa foi capaz de tolerar todas as concentrações testadas em ambas fontes de carbono. A produção de etanol na presença de glicose e ácido acético apresentou perfil dose-dependente. Na menor concentração testada, 0,3 g L^{-1} do ácido, foi produzido 5,1 g L^{-1} de etanol enquanto que na maior concentração avaliada, 3,6 g L^{-1}, a produção foi de apenas 0,75 g L^{-1}. Já em xilose e ácido acético, embora concentrações de 0,3 g L^{-1}, 0,6 g L^{-1} e 1,2 g L^{-1} do ácido promoveram o crescimento em relação ao crescimento controle, a produção de etanol observada foi de 0,57 g L^{-1}, 0,29 g L^{-1} e 0,24 g L^{-1} respectivamente. Dessa forma, acredita-se que a levedura Sugiyamaella xylanicola seja uma espécie promissora para produção de etanol 2G utilizando hidrolisados de biomassa lignocelulósica.

Palavras-chave: *5-hidroximetilfurfural. Ácido acético. Ácido fórmico. Etanol 2G. Furfural*
Apoio financeiro: *FAPESC, FINEP, CAPES e CNPq.*

Estudo do pré-tratamento do pseudocaule da bananeira para a produção de etanol 2G

A. S. Gonçalves[1], G. R. F. Bronzato[1], J. A. Borro[1], A. L. Leão[1], I. Cesarino[1]

[1] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, Brasil, anandadesouza@hotmail.com*

Resumo

A banana é a fruta fresca mais consumida no mundo, e a sua cultura tem um grande destaque na economia. Por ser uma planta de fácil adaptação, ela é produzida em todo o território nacional, sendo o Brasil, o quarto produtor mundial, porém, quase toda a sua produção é para abastecer o mercado interno, o que torna os brasileiros os maiores consumidores dessa fruta. A bananeira é uma planta de ciclo único, e após o amadurecimento das frutas, toda a parte aérea (folhas e pseudocaule) começam a secar e esse material torna-se um ambiente propício para pragas. Por esse motivo, é necessário o corte imediato do pseudocaule após a colheita, esse resíduo pode ser utilizado como adubo para a própria bananicultura (LIMA, 2012). Entretanto, esse material, tem 26% de celulose, um biopolímero, em sua constituição o que viabiliza a utilização dele como matéria prima para a produção de etanol de segunda geração, um biocombustível produzido em 5 etapas: preparo da biomassa, pré-tratamento, hidrólise enzimática, fermentação e destilação. Nesse trabalho foi estudado a etapa de pré-tratamento, processo que tem a função de separar a celulose dos outros componentes vegetais: hemicelulose, extrativos, cinzas e principalmente da lignina. Na hidrólise enzimática, esses produtos atrapalham a ação da celulase na quebra do biopolímero em glicose e essa hexose será convertida em etanol pelas leveduras na fermentação. Os testes foram feitos com 2 reagentes e em concentrações diferentes: Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) – 5, 15 e 25 %v/v – e Hidróxido de Sódio (NaOH) – 5 e 15 %m/v. Foi pesado 10g de pseudocaule de bananeira moído em um erlenmeyer de 250mL e adicionado 100mL do reagente. Essa mistura foi colocada na autoclave e após 40 minutos com a pressão em 1,5kgf/cm² foi realizado a explosão à vapor. A biomassa pré-tratada foi lavada em água corrente e seca em estufa a 65ºC até a sua umidade ser inferior a 10%. Para identificar o melhor pré-tratamento, foi utilizado uma análise comparativa e adimensional: determinação do número Kappa (ABNT, 2018), que identifica em qual biomassa há mais lignina residual, ou seja, quanto mais baixo o valor do Kappa, menor o teor de lignina e mais eficiente é o pré-tratamento. Os valores encontrados foram: 48,6 para o H_2O_2 5 % v/v; 55,8 para o H_2O_2 15 % v/v; 28,5 para o H_2O_2 25 % v/v; 47,8 NaOH 5 % m/v e 46,4 para o NaOH 15 %m/v. Com esses dados, foi determinado que as próximas etapas serão realizadas com a biomassa pré-tratada com H_2O_2 a 25%, pois apresentou o melhor resultado, ou seja, foi o processo que conseguiu retirar a maior quantidade de lignina da biomassa.

LIMA, Marcelo Bezerra; SILVA, Sebastião de Oliveira; FERREIRA, Cláudia Fortes (ed.). **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 214 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). ISBN 978-85-7035-118-0. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82218/1/500-Perguntas-Banana-ed02-2012.pdf. Acesso em: 05 abr. 2018.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 302:2018 - Pastas celulósicas - Determinação do número Kappa. Rio de Janeiro. 2018.

Palavras-chave. *Banana. Etanol 2G. Pré-tratamento. Pseudocaule.*

Grupos microbianos no processo de Co-digestão Anaeróbia: Taxa de decaimento e concentração de metano como indicadores de funcionamento e produtividade

Renan Loures de Souza[1]; Marcelo Henrique Otenio[2]; Mayara de Oliveira Gonçalves[3]; Flávio da Rocha Azevedo[4]; Guilherme Henrique da Silva[5].

[1]*Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Rede de Ensino Doctum, renanloures@gmail.com*

[2]*Pesquisador A, Embrapa Gado de Leite, marcelo.otenio@embrapa.br*

[3]*Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Mayara.goncalves@engenharia.ufjf.br*

[4]*Professor, Rede de Ensino Doctum, flavio.azevedo@doctum.edu.br*

[5]*Aluno do Curso de mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Juiz de Fora, gui_juizdefora@hotmail.com*

Resumo

O descarte inadequado de dejetos bovinos (DB), soro de ricota (SR) e resíduos de ETE de cervejaria (RETEC), pode causar poluição do solo de águas superficiais e subterrâneas, devido ao alto teor de matéria orgânica. A co-digestão (CO) é o processo de biodigestão anaeróbia (BA) com a inserção de outro composto orgânico para aumentar a produção de biogás. O objetivo do trabalho foi avaliar a taxa de decaimento de grupos microbianos em 7 biodigestores plug-flow operados em escala laboratorial. As bactérias acompanhadas no experimento foram, Escherichia Coli (E.COLI) e Pseudomonas spp. (PSEUD), consideradas bactérias mantenedoras das fases hidrolíticas a acetogênicas da BA, respectivamente. Os biodigestores (BIO) passaram por 3 fases: 1) inóculo competente (15 dias), 2) adaptação do inóculo (30 dias) e 3) codigestão plena (139 dias). Os mesmos foram abastecidos, a partir da fase 2 com misturas distintas, dos dois resíduos, nas concentrações 20% (SR1), 40% (SR2) e 80 % (SR3) com DB até 100% e 20% (RETEC 1) 40% (RETEC 2) e 80% (RETEC 3) com DB até 100%, respectivamente. Ainda um BIO 7, controle, DB puro. O cultivo bacteriano foi realizado com meios de cultura: Eosin Methylene Blue Agar (EMB), Cetrimide (CET). Após diluição seriada em salina 0,9%, realizou-se o plaqueamento de 100 µL, das seguintes diluições; afluentes (10^{-4}), (10^{2}); efluentes, (10^{-3}), (10^{-1}), respectivamente, nos meios. A taxa de decaimento (Kb) foi obtida pelo número de bactérias de afluentes para efluentes em relação ao tempo de retenção da matéria orgânica sendo esses realizados por Unidades Formadoras de Colônias (UFC/100ml), com resultado expresso em KB=dia^{-1}. A produtividade de biogás foi verificada por cromatografia gasosa, o biogás é considerado combustível quando o teor de metano for maior que 50%. Os resultados obtidos para taxa de decaimento, em comparação com os valores de concentração de metano podem indicar que as maiores taxas de decaimento ocorreram nos biodigestores operados em CO de RETEC: 1: 0,1167 (E.COLI), 0,0514 (PSEUD); ainda este BIO apresentou resultado de medida de concentração de metano menor que 50%. Por outro lado os BIO operados com SR apresentaram taxas de decaimento mais baixas, SR: 1: 0,0564, (E.COLI), 0,0471 (PSEUD); que apresenta valores próximos aos encontrados nas taxa do BIO controle BIO: 7: 0,0507 (E.COLI), 0,0434 (PSEUD). Os BIOs operados em CO de SR e o controle apresentaram concentração de metano, durante todo período avaliado maior que 50%. Estes resultados mostram que a CO do SR com DB é viável até a mistura de 80% e que a CO do RETEC foi inviabilizada na produção de biogás, e coincidiu com a alta taxa de remoção.

Palavras-chave. Resíduo Industrial. Biomassa. Microrganismo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Embrapa Gado de Leite pelo financiamento do projeto.

HIDRÓLISE, DESTOXIFICAÇÃO E FERMENTAÇÃO DA FRAÇÃO HEMICELULÓSICA DA TORTA DE DENDÊ (*Elaeis guineensis*) COM LINHAGENS DE *Scheffersomyces stipitis*

Filho, E. S. B[1], Brito, P. L[2], Pantoja, L. A[3], Santos, A. S[4], Barbosa. G. M. P[5]

[1]*Eloízio de Souza Brito Filho, e-mail (eloiziobritto@gmail.com)*

[2]*Philipe Luan Brito*

3 Lílian de Araújo Pantoja

4 Alexandre Soares dos Santos

5 Gabriela Maria Pereira Barbosa

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito dos processos de destoxificação por carvão ativado, overliming e a combinação dos dois tratamentos no desempenho de três linhagens de Scheffersomyces stipitis (NRRLY1214; NRRLY 7124 e CBS 6054) na fermentação alcoólica de hidrolisados hemicelulósicos da torta de dendê. O preparo do hidrolisado ácido hemicelulósico da torta de dendê foi realizado adotando as condições ótimas do processo de pré-tratamento descritas por Ferreira (2013). Das três linhagens de Scheffersomyces stipiti, as linhagens que apresentaram os melhores desempenhos na produção de etanol com valores correspondentes de 6,20 e 6,13 g L-1 e taxas de rendimento de Yp/s 0,32 g g-1 e 0,33 g g-1 no meio suplementado destoxificado por overliming foram NRRLY 1214 e NRRLY 7124.

Palavras-chave. Bioetanol. Biomassa Lignocelulósica. Etanol.

Introdução

A indústria do bioetanol tem se desenvolvido de forma progressiva nas últimas décadas, em especial o etanol de segunda geração, aquele produzido a partir da biomassa lignocelulósica. Neste contexto os resíduos do dendê (Elaeis guineensis) tem se destacado devido aos consideráveis conteúdos de celulose e hemicelulose presentes na parede celular (Zakaria et al., 2014; Zakaria et al., 2015, Shinoj et al, 2011). A exploração da fração hemicelulósico da biomassa para produção de etanol tem ocorrida através da solubilização utilizando ácido diluído que resulta, principalmente, em açúcares como a D-xilose, L-arabinose, D-glicose e outros (Cerveró et al., 2010; Menon et al., 2012). A fermentação destes açúcares, pentoses (xilose), é realizada por organismos especializados como a levedura *Scheffersomyces stipitis* (Kurtzman et al, 2010). A presença de compostos inibidores resultantes da hidrólise ácida requer uma etapa adicional ao processo, de tal forma a elimina-los, tratamentos com carvão ativado do hidrolisado hemicelulósico (Chi et al, 2013; Mateo et al., 2013; Kamal et al. 2011).

Material e Métodos

A torta de dendê (*Elaeis guineensis*) foi cedida pela empresa Agropalma, Belém-PA-Brasil. As linhagens de leveduras *Scheffersomyces stipitis* estudadas foram NRRLY1214; NRRLY 7124 e CBS 6054. O preparo do hidrolisado ácido hemicelulósico da torta de dendê foi realizado adotando as condições ótimas do processo de pré-tratamento descritas por Ferreira (2013) (Tabela 1).

Tabela 1.Condições experimentais utilizadas para obtenção dos hidrolisados hemicelulósicos da torta de dendê.

Fator	Valores críticos
Concentração de H_2SO_4 (% m/v)	**5,3**
Concentração de torta (% m/m)	**29,0**
Tempo (minutos)	**61,5**

Após hidrolise, o hidrolisado ácido hemicelulósico foi caracterizado quanto aos teores de açúcares redutores (Miller, 1959), glicose (kit enzimático), compostos fenólicos (Singleton e Rossi, 1965). Os teores de furfural, 5-hidroximetilfurfural e ácido acético foram mensurados através de cromatografia líquida de alta eficiência. A destoxificação do hidrolisado ácido foi realizada pelo método de overliming descrito por com Purwadi et al. (2004). Após a destoxificação, o hidrolisado foi caracterizado quantos aos mesmos parâmetros anteriormente relatados. O processo fermentativo foi conduzido em duas etapas, a primeira foi realizada fermentação direta do hidrolisado dstoxificado bem como do hidrolisado sem destoxificação (controle). Na segunda etapa, tanto o hidrolisado destoxificado quanto o hidrolisado sem destoxificação foram previamente diluídos em meio suplementado proposto por Bellido et al. (2011). Os processos fermentativos foram conduzidos em frascos cônicos de 125 mL contendo 25 mL de hidrolisado, com inoculo das leveduras na concentração de 10% v/v. A primeira etapa foi monitorada a cada 24h e a segunda monitorada a cada 4h, nestes intervalos de tempo foram avaliados os teores de açúcares redutores, glicose e crescimento celular (contagem de células em câmera de Neubawer). Ao final do processo fermentativo foi dosado a concentração de álcool nos hidrolisados seguindo a metodologia de Isarankura-Na-Ayudhya et al. (2007). Os dados obtidos foram examinados por meio análise de variância e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico OriginPro ® Versão 8.

Os processos fermentativos foram avaliados quanto às taxas de rendimento em etanol (Yp/s, getanol gaçúcar-1), taxa de produtividade volumétrica (Qp, g.L.-1.h-1) e a eficiência fermentativa (Ef, %).

Resultados e Discussão

A composição química do hidrolisado ácido hemicelulósico da torta de dendê antes e após o tratamento de destoxificação encontra-se na tabela 2.

Tabela 2. Composição química do hidrolisado ácido hemicelulósico da torta de dendê (HAH) antes e após os processos de destoxificação.

Componente	Tratamentos	
	HAH	HD*O*
AR [g L^{-1}]	83,10 ± 1,60	60,74 ± 4,00
Glicose [g L^{-1}]	0,91 ± 0,020	0,52 ± 0,01
CF [g L^{-1}]	0,66 ± 0,030	0,443 ± 0,015
AcA [mg L^{-1}]	12,02 ± 1,02	19,64 ± 1,80
Furfural [mg L^{-1}]	0,49 ± 0,01	246,20 ± 22,60
HMH [mg L^{-1}]	0,046 ± 0,01	28,20 ± 1,70

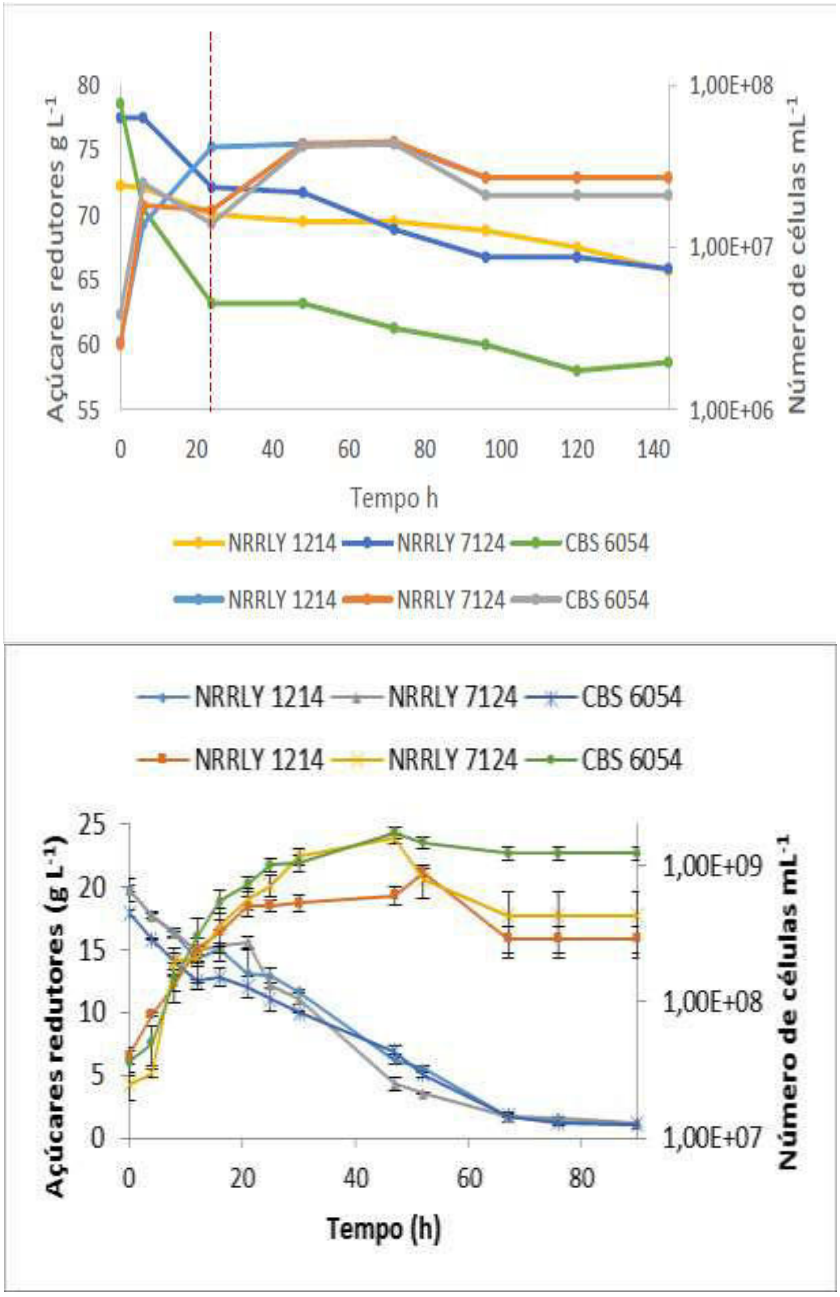
HAH=hidolisado ácido hemicelulósico sem tratamento de destoxificação. HDO= hidolisado ácido hemicelulósico destoxificado por overliming. AR=açúcares redutores. CF=compostos fenólicos. AcA=ácido acético. HMH=5-hidroximetilfurfural.

O tratamento ácido ocasionou a solubilização da hemicelulose, resultando em um HAH com elevada concentração de açúcares redutores (AR), com média de 83,10±1,60 g L-1. A concentração de glicose no hidrolisado ácido (HAH) foi baixa, apresentando valores de 0,91±0,02 g L-1. Foi observado que a dstoxificação utilizando overliming resultou em uma diminuição de 56,4±7,3 dos teores de açúcares redutores. Esse fato pode ter ocorrido devido à degradação destes açúcares (Amartey & Jeffries, 1996). O mesmo fenômeno foi observado para os teores de glicose. A concentração de ácido acético presente no hidrolisado ácido sem destoxificar foi de 12,02 g L-1. Este valor é superior aos relatados na literatura para processos utilizando diferentes biomassas na produção do hidrolisado ácido hemicelulósico. Não foi observado remoção de ácido acético pelo tratamento de destoxificação avaliado. A concentração CF encontrada no HAH sem tratamento de destoxificação foi de 0,66 g L-1. Estes valores quando comparados com dados relatados na literatura provenientes de hidrolisados hemicelulósicos de diferentes matérias-primas pode ser considerado baixo. No HAH da torta de dendê foram observados valores na ordem de 0,49 ± 0,004 g L-1 de furfural e 0,046 ± 0,003 g L-1 de 5-hidroximetilfurfural, de forma semelhante, a concentração obtida destes compostos no presente estudo, ainda foram inferiores a alguns relatos na literatura. A remoção dos compostos fenólicos, furfural e 5-hidroximetilfurfural foram de: 65,00±5,80 %;50,30±4,20% e 38,80±3,60%, respectivamente, pelo método overliming, um baixo valor

de remoção quando comparada com a literatura para hidrolisados provenientes de outras biomassas.

Os resultados concernentes ao desempenho de consumo de açúcares redutores e crescimento celular das linhagens de S. stipitis no processo fermentativo empregando meio hidrolisado ácido hemicelulósico da torta de dendê diluído em meio suplementado sem tratamento de destoxificação e com a destoxificação por overliming encontra-se na figura 1.

Figura 1. Perfil do consumo de açúcares redutores e do crescimento celular das linhagens de Scheffersomyces stipitis (CBS 6054, NRRLY 1214 e NRRLY 7124) no meio sem destoxificação (A) e no meio destoxificado por overliming (B).



Fonte: Brito, P. L, 2016

No meio de fermentação elaborada sem tratamento destoxificação, apesar de ter sido observado crescimento celular não foi constatado nenhuma produção de etanol. Sendo assim, as linhagens estudadas apresentaram boa adaptação às condições adversas do meio de fermentação empregado. O baixo desempenho quanto à produção de álcool pode está atrelado a presença dos inibidores no meio. O consumo de açúcar nesse meio foi cerca de 25%. No meio destoxificado por *overliming* o consumo de açúcar foi superior a 90%. Em relação à produção de etanol foi observada para as linhagens NRRLY 1214, NRRLY 7124 e CBS 6054 no meio HD*O* de 6,2 g L^{-1}, 6,13 g L^{-1} 3 2,7 g L^{-1}, respectivamente. Os melhores valores de rendimento, Yp/s (0,33±0,02 g g-1) e produtividade volumétrica, Qp, (0,068±0,003 g g-1) foram alcançados pela linhagem NRRLY 7124 no meio HD*O*.

Conclusões

O HAH da torta de dendê apresentou percentuais de compostos fenólicos, ácido acético (em maior concentração que os demais), furfural e 5-hidroximetilfurfural em sua composição. A destoxificação por overliming resultou na remoção dos inibidores com degradação de açúcares. As linhagens NRRLY 1214 e NRRLY 7124 foram as que apresentaram os melhores desempenhos na produção de etanol com valores correspondentes de 6,20 e 6,13 g L-1 e taxas de rendimento de Yp/s 0,32 g g-1 e 0,33 g g-1 no meio suplementado destoxificado por overliming. A diluição do hidrolisado HAH da torta de dendê utilizando meio suplementado resultou em significativa melhora no processo de fermentação para as três linhagens de S. stipitis.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos de fomento CNPq, FAPEMI e CAPES e também à UFVJM pelo suporte estrutural e técnico.

Referências Bibliográficas

CERVERÓ, J.M.; SKOVGAARD, FELBY, P.A.; SØRENSEN, H.R.; JØRGENSEN, H. Enzymatic hydrolysis and fermentation of palm kernel press cake for production of bioethanol. **Enzyme and Microbial Technology** 46 (2010) 177–184.

FERREIRA, C.M.A. **Avaliação da torta de dendê (*elaeis guineensis*) para produção de bioetanol de segunda geração**. Dissertação (Mestrado). UFVJM. Diamantina (MG). 2013, 77p.

ISARANKURA-NA-AYUDHYA, C.; TANTIMONGCOLWAT, T.;KONGPANPEE, T.; PRABKATE, P.; PRACHAYASITTIKUL, V. **Appropriate Technology for the Bioconversion of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) to Liquid Ethanol Future Prospects for Community Strengthening and Sustainable Development**. **EXCLI Journal** 6 (2007) 167-176.

KURTZMAN, C.P. & SUZUKI, M. **Phylogenetic analysis of ascomycete yeasts that form coenzyme Q-9 and the proposal of the new genera Babjeviella, Meyerozyma, Millerozyma, Priceomyces, and Scheffersomyces**. **Mycoscience** (2010) 51:2–14.

ZAKARIA, M.R.; HIRATA, S.; HASSAN, M.A. **Combined pretreatment using alkaline hydrothermal and ball milling to enhance enzymatic hydrolysis of oil palm mesocarp fiber**. **Bioresource Technology** 169 (2014) 236–243.

Implicações da escarificação e gessagem nas perdas de nutrientes por erosão em um Latossolo argiloso sob sistema plantio direto

Bruna de Villa[1*]; Deonir Secco[1]; Luciene Kazue Tokura[1]; Cristiano Fernando Lewandoski [1]; Fernando Luiz Cruz Balena[1]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, UNIOESTE/Cascavel-PR,*

**E-mail do primeiro autor: bruna.devilla.58@hotmail.com*

Resumo

A erosão do solo é um dos maiores problemas ambientais em escala global. As perdas de água, solo e nutrientes promovidas pelo escoamento superficial dependem da intensidade e período das precipitações, além da quantidade de cobertura vegetal sob a superfície do solo, declividade e comprimento da rampa, juntamente com as práticas conservacionistas de manejo do solo. Diante do exposto é fundamental a busca de sistemas de manejo que minimizem a compactação e erosão e possibilitem incrementos de matéria orgânica no solo ao longo do tempo. Desta forma, implementar sistemas de manejo para o efetivo controle da erosão evitando a desagregação da estrutura do solo pelo impacto direto da gota é de suma importância. Assim, foi objetivo do trabalho evidenciar a importância do uso de um sistema de manejo de qualidade na redução das perdas de nutrientes, água e solo. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de manejo: sistema de plantio direto escarificado (SPDE), sistema de plantio direto com gesso (SPDG) e sistema plantio direto tradicional (testemunha) (SPDT). As perdas de nutrientes do solo nos tratamentos foram avaliadas por meio de calhas coletoras de (3x3) m. Da quantidade de água escoada pelas calhas, avaliou-se as perdas dos nutrientes cálcio e magnésio, fósforo e potássio, nas três faixas de precipitação, sendo elas: baixa, média e alta. Para o cálculo das mesmas, o maior valor de precipitação foi subtraído do menor valor, dividindo-se as precipitações em três intervalos. Sendo que a metodologia utilizada para a perda de cálcio e magnésio foi a nitro/perclorico/Stand e a perda de fósforo e potássio pela metodologia de extração com solução de mehlich. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em parcelas experimentais de (20x16) m. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Pode-se observar quanto a perda de cálcio nas precipitações de baixa intensidade que o tratamento de SPDE apresentou as menores perdas (0,005184 kg ha^{-1}), não diferindo do tratamento de SPDG (0,007373 kg ha^{-1}), mas diferindo-se do tratamento de SPTD (0,015349 kg ha^{-1}). Já quanto a média precipitação também na perda de cálcio, pode-se observar que os tratamentos de SPDE (0,019560 kg ha^{-1}) e SPDG (0,013308 kg ha^{-1}) foram os que apresentaram menores perdas, diferindo-se do tratamento de SPDT (0,036370 kg ha^{-1}). E quanto a perda de magnésio, pode-se observar que nas precipitações de média intensidade que o tratamento de SPDG foi o apresentou a menor perda (0,005243 kg ha^{-1}). Quanto as perdas de nutrientes na alta precipitação as mesmas não diferiram significativamente. Não houve diferença significativa nas perdas de fósforo e potássio entre os tratamentos, para as diferentes faixas de precipitação. Constata-se assim, que o uso de SPDE e SPDG contribuem para a redução das perdas de cálcio e magnésio quando comparadas ao sistema plantio direto tradicional.

Palavras-chave. Nutrientes. Volume precipitado. Fertilidade do solo.

Implicações da escarificação e gessagem na melhoria da estrutura de um Latossolo argiloso sob sistema plantio direto

Bruna de Villa[1*]; Deonir Secco[1]; Luciene Kazue Tokura[1]; Mauricio Antônio Pauly[1]; Fernando Luiz Cruz Balena[1]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, UNIOESTE/Cascavel-PR,*

**E-mail do primeiro autor: bruna.devilla.58@hotmail.com*

Resumo

O atual sistema plantio direto tem propiciado o surgimento de camadas compactadas em subsuperfície no solo, que reduz a infiltração de água, favorecendo o escoamento superficial. Assim objetivou-se neste trabalho avaliar parâmetros físicos do solo em diferentes sistemas de manejos e seus reflexos no rendimento de grãos da cultura do milho. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de manejo: sistema de plantio direto escarificado (SPDE), sistema plantio direto com aplicação de gesso agrícola (SPDG) e sistema plantio direto tradicional (testemunha) (SPDT). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições em parcelas experimentais de 20x16 m. Foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de (0-10) cm, (10-20) cm e (20-30) cm, antes e após o cultivo do milho. O rendimento de grãos de milho foi avaliado em subparcelas de 13,5 m² e a umidade dos grãos corrigida a 13%. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Quanto a densidade do solo (DS), observou-se na camada de (0-10) cm, que o tratamento SPDE proporcionou redução de valores de 1,16 Mg m^{-3} para 0,99 Mg m^{-3}, respectivamente, antes e pós cultivo da cultura do milho. Pode-se observar também que o tratamento de SPDE proporcionou aumento da porosidade total (PT) de 54,83% para 61,29%, respectivamente, antes e após o cultivo da cultura. Houve o aumento no volume de macroporos para o mesmo tratamento, ocorrendo acréscimo de 12,73% para 18,25%. Este efeito também foi evidenciado na camada de (10-20) cm na densidade do solo (DS) em que o tratamento de SPDE proporcionou redução antes e pós cultivo da cultura do milho, respectivamente de 1,10 Mg m^{-3} para 0,99 Mg m^{-3}, embora não tenha apresentado diferença significativa dos demais tratamentos. Já na camada de (20-30) cm, quanto a DS, pode-se observar também que o tratamento com SPDE proporcionou redução antes e pós cultivo da cultura, respectivamente de 1,10 Mg m^{-3} para 0,98 Mg m^{-3}. Quanto ao rendimento de grãos não houve diferença significativa. Constatando-se assim, que os efeitos benéficos da escarificação do solo em área manejada sob sistema plantio direto não propiciou aumentos significativos no rendimento de grão se comparado ao SPDT e SPDG.

Palavras-chave. Estrutura do solo. Compactação. Sistema Plantio Direto.

LABORATORY INVESTIGATION OF THE EFFECT OF IRON SUPPLEMENTATION ON MICROALGAE BIOMASS PRODUCTION

Thiago Nishimura[1], Rodrigo Felipe Bedim Godoy[2], Helena Ferreira Bracarense[2], Dhyogo Miléo Taher[2], André Bellin Mariano[2,3]

[1]*Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba (thiago.nishimura09@gmail.com)*

[2]*Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba*

[3]*Professor adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR*

Abstract

The microalgae cultivation has been widely studied due to the advance in biotechnology for biofuels production from these microorganisms. In addition, they can serve as food, both for human in the form of supplements, and for animal feed. Also, can be used in cosmetics and pharmaceutical industry. Because they require a small area, if compared to the activities of the agroindustry, and adapt easily to the environment in which they are being cultivated, there is great interest for the production process of these microalgae to become economically viable and with high yield. The present study investigated how the concentration of iron ions in the CHU medium influences the growth kinetics of the microalgae of the Tetradesmus obliquus species. The cultures were carried out in an environment with controlled temperature, constant supply of atmospheric air and 24 hours of light. In the results it was observed that the cell growth was favored by the increase in iron concentration, but it inhibited the production of chlorophyll A.

Key Words: microalgae, growth kinetics, culture medium.

Introduction

Microalgae are photosynthetic organisms that have been considered as a good raw material or key element for biotechnology (biodiesel, food and pharmaceutical products), sanitation (nutrients remediation in domestic and industrial effluent) and aquatic systems characterization (bioindicators of water quality).

These important organisms of food chain need micronutrients, vitamins, chelators and macronutrients to their development. For instance, Nitrogen (N) and Phosphorus (P) have an essential importance to their growth (LEE et al., 2016; WHITTON et al., 2016). Historically, microalgae have been used approximately for 75 years as biological components in nutrients remediation in wastewater treatments and biomass production from different strains such as *Chlorella* e *Dunaliella* (ABDEL-RAOUF et al., 2012).

Thereby, microalgae are biological elements used to remove nitrogen, phosphorus and carbon in municipal domestic, industrial and agricultural effluents. In addition, these organisms might be a

sustainable alternative to decrease the coast of wastewater treatment (HENA et al., 2015). Consequently, the algal biomass generated could produce biogas through anaerobic digestion (DELGADILLO-MIRQUE et al., 2016;).

Algal biomass is a valuable raw material for different chemical compounds extraction, for instance, carotenoid pigments, proteins, vitamins, sterols, fatty acids, polysaccharides and bioactive compounds (IRIANI et al., 2011). In addition, the authors consider two major aspects for improvement of products generated by microalgae, environmental conditions (temperature, pH, aeration, agitation and light intensity) and a properly nutrient medium.

In respect to the nutrient medium, N and P are not the only necessary nutrients for the algae growth. For instance, there are other vital elements for microalgae photosynthesis and their growth such as Iron (Fe). Fe is an important micronutrient associated with microalgae growth rate improvement (CONCAS et al., 2014) and is also considered as essential element for all living organisms (WAN et al., 2014). According to Markou et al. (2014), iron is the main and the most essential trace element required by microscope algae. The iron functions include enzymatic processes, for instance, oxygen metabolism, nitrogen assimilation, electron transfer, and RNA, DNA and chlorophyll synthesis (MARKOU et al., 2014). In addition, iron limitation is referred to reduction of CO_2 fixation (CONCAS et al., 2014). Thus, this work aimed to compare the CHU medium as substrate to microalgae growth with the CHU medium increasing the concentration Fe in the solution.

Material and Methods

It was used CHU medium (CHU, 1942) to microalgae cultivation. Table 1 show the concentration for each component.

Table 1. Concentration for each solution of the CHU medium.

Solution	Components	Concentration (g/L)
1	$NaNO_3$	25
2	$CaCl_2.2H_2O$	2.5
3	$MgSO_4.7H_2O$	7.5
4	KH_2PO_4	7.5
5	K_2HPO_4	17.5
6	NaCl	2.5
7	EDTA	50
	KOH	31
8	$FeSO_4.7H_2O$	4.98
9	H_3BO_3	11.42
10	$ZnSO_4.H_2O$	0.0882
	$MnCl_2.4H_2O$	0.0144
	$NaMoO_4.2H_2O$	0.0071
	$CuSO_4.5H_2O$	0.0157
	$Co(NO_3)_2.6H_2O$	0.0049

For each experiment were used different volumes for $FeSO_4.7H_2O$, which is described in the table 2.

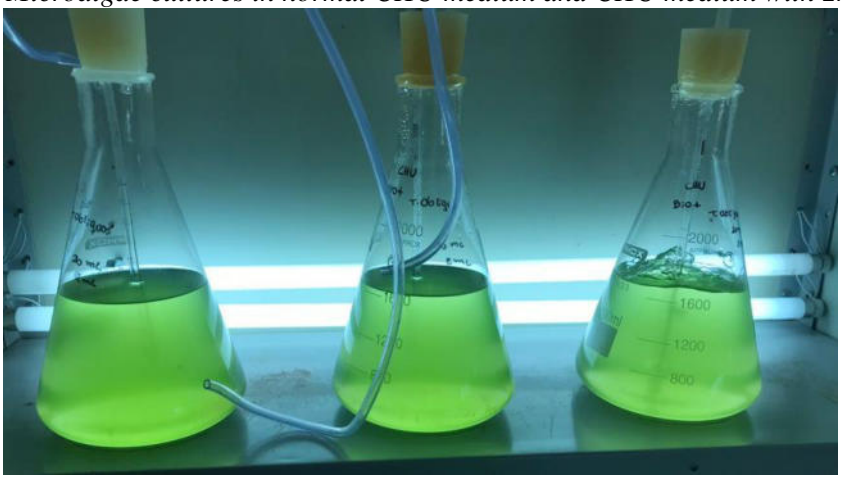
Were used 6 Erlenmeyer of 2 L, with a total 1.6 L of culture, which 1.4 is culture medium with water from reverse osmosis and 0.2 of microalgae culture. All the Erlenmeyer were conditioned in a room with controlled temperature (22 °C), 24 hours of light and a constant air supply (1.5 L/min). The analyzes were done daily. Absorbance, cell number and pH data were collected in a period of 15 days. All data were collected in triplicate.

For absorbance were used a spectrophotometer (Perkin Elmer, model Lambda 25) configured with 540 nm of wave length and a dilution factor of 0.2, because of Lambert-Beer's law. The cell count was made in an optic microscope and a Neubauer chamber. The pH of the medium was measured by a digital pHmeter (Gehaka, model PG1800) with an $Ag/AgCl_2$ electrode.

Table 2. Volumes of constituents of the CHU medium in each experiment.

		Volume (mL)	
Solution	Components	Normal CHU	CHU 2mL Fe
1	$NaNO_3$	16	16
2	$CaCl_2.2H_2O$	16	16
3	$MgSO_4.7H_2O$	16	16
4	KH_2PO_4	16	16
5	K_2HPO_4	16	16
6	NaCl	16	16
7	EDTA KOH	1.6	1.6
8	$FeSO_4.7H_2O$	1.6	2.0
9	H_3BO_3	1.6	1.6
10	$ZnSO_4.H_2O$ $MnCl_2.4H_2O$ $NaMoO_4.2H_2O$ $CuSO_4.5H_2O$ $Co(NO_3)_2.6H_2O$	1.6	1.6

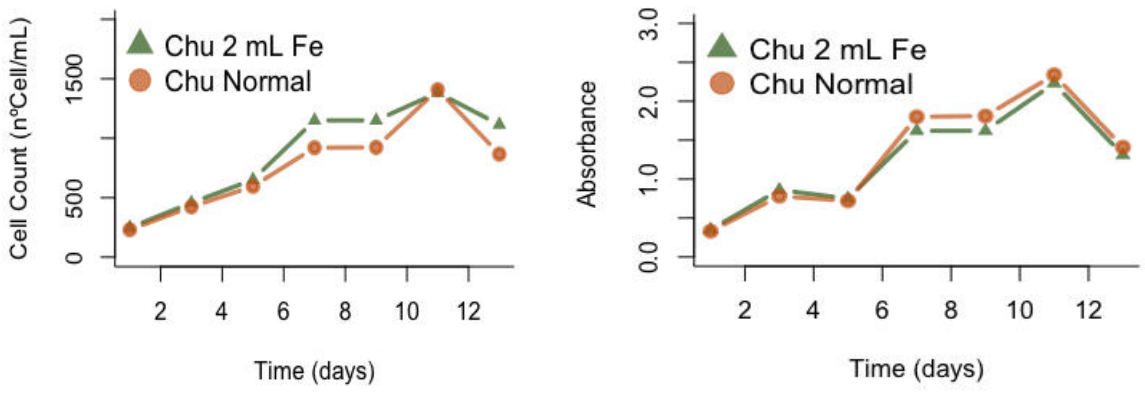
Figura 1. Microalgae cultures in normal CHU medium and CHU medium with 2mL of Fe.

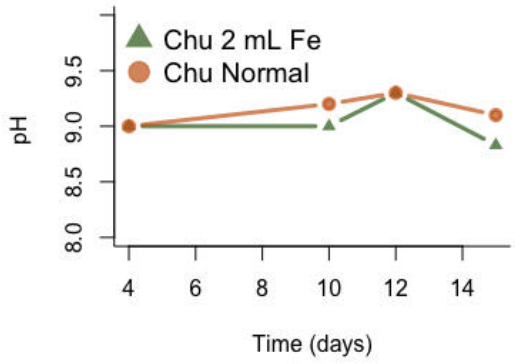


Results and discussion

Figure 1 shows the results for the cell count, absorbance and pH for the both medium used, CHU normal and CHU 2 mL Fe. We could perceive that along the first phase (until fifth day) the two cultivation showed a similar trend. After this, the CHU 2 mL Fe presented higher cell number in relation to CHU normal and the both decreased at the last days of experiment. Iriani et al. (2011) using a *Chlorella sp.* found higher cell number at the twelfth day of the experiment and it was in the sample with lower Fe concentration in Basal medium. Tevan et al. (2017) used *Scenedesmus obliquus (Tetradesmus obliquus)* with two different values of $FeCl_2$ ($0.5\ mg\ e\ 1.0\ mg$) and the authors found the higher absorbance for the higher value of $FeCl_2$ (1.0 mg). In addition, the authors found association between adding $FeCl_2$ and linoleic acid, linolenic acid and hexadecaenoic acid production.

Figure 2.Cell count, Absorbance and pH values for the comparison between CHU mean and Chu mean with 2 mL Fe.





Rizwan et al. (2017) demonstrated in their experiment with the microalgae *Dunaliella tertiolecta* that increase of Fe concentration there was an increase in the growth rate and lipid content, however, it occurred in certain range. The authors also found a decrease in higher doses of Fe. The pH values stayed between 8.8 and 9.4 with higher values related to normal CHU medium.

Conclusion

Improving the volume of Fe to 2 mL the cell number increased, however, the absorbance did not present the same result. In other words, increasing Fe increased the number of cell and possibly not increased at the same way the chlorophyll-a what would increase the absorbance. Therefore, altering the Fe concentration from 1.6 mL to 2.0 mL did not present big alteration.

References

ABDEL-RAOUF, N., AL-HOMAIDAN, A.A., IBRAHEEM, I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*. v.19, p.257-275.

CHU, S.P. (1942) The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. Journal of Ecology, 30, 284-325.

CONCAS, A., STERITI, A., PISU, M., CAO, G. (2014). Mathematical modelling of the effect of Iron on the growth and the bio-oil productivity of *Chlorella vulgaris*. Chemical Engineering Transactions, 38, 181-186.

DELGADILLO-MIRQUEZ, L., LOPES, F., TAIDI, B., PAREAU, D. (2016). Nitrogen and phosphate removal from wastewater with a mixed microalgae and bacteria culture. *Biotechnology Reports*, v.11,p.18-26.

HENA, S., ZNAD, H., HEONG, K.T., JUDD, S. (2018). Dairy farm wastewater treatment and lipid accumulation by *Arthrospira platensis*. *Water Research*, v.128, p.267-277.

IRAINI, D., SURIYAPHAN, O., CHAIYANATE, N. (2011). Effect of Iron Concentration on Growth, Protein Content and Total Phenolic Content of *Chlorella sp.* Cultured in Basal Medium. *Sains Malaysiana*, 40(4), 353-358.

LEE, T.C., FONG, F.L., H,K., LEE., F.W. (2016). The mechanisms of Diarrethic Shellfish Poisioning Toxin Production in *Prorocentrum* spp.: Physiological and Molecular Perspectives. *Toxins,* v.8. doi:10.3390/toxins8100272

MARKOU, G., VANDAMME, D., MUYLAERT, K. (2014). Microalgae and cyanobacterial cultivation: The supply of nutrients. Water Research, 65, 186-202.

RIZWAN, M., MUJTABA, G., LEE, K. (2017). Effects of Iron sources on the growth and lipid/carbohydrate production of marine microalga *Dunaliella tertiolecta*. Biotechnology and Bioprocesses Engineering, 22, 68-75.

TEVAN, R., JAYAKUMAR, S., RAHIM, M.H.A., MANIAM, G.P., GOVINDAN, N. (2017). The effect of Iron (II) Chloride in microalgae cultivation for bio-oil extraction. Journal of Engineering and Science Research, 1(2), 185-196.

WAN, M., JIN, X., XIA, J., ROSENBERG, J.N., Yu, G., NIE, Z., OYLER, G.A., BETENBAUGH, M.J. (2014). The effect of iron on growth, lipid accumulation, and gene expression profile of the freshwater microalgae *Chlorella sorokiniana*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 98, 9473-9481.

WHITTON, R., LE MÈVEL, A., PIDOU, M., OMETTO, F., VILLA, R., JEFFERSON, B. (2016). Influence of microalgal N and P composition on wastewater nutrient remediation. *Water Research*, v.91, p.371-378. http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.054

Melhoramento da fermentação de xilose com linhagem de *Saccharomyces cerevisiae* recombinante para o transportador HXT1

Angela Alves dos Santos[1], Boris Stambuk[2]

*[1,2] Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras – LBMBL, Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.*e-mail: angela.asds@gmail.com*

Resumo

Modificar geneticamente a levedura Saccharomyces cerevisiae para permitir a utilização de xilose é crucial para uma produção viável do etanol de segunda geração (etanol 2G), uma vez que a xilose é o segundo açúcar mais abundante nos hidrolisados de biomassa lignocelulósica. Entre as modificações genéticas necessárias, melhorar o transporte dessa pentose para o interior das células é um dos passos limitantes para a eficiente fermentação a partir dessa fonte de carbono. Nossos resultados recentes revelaram que a permease Hxt1 de baixa afinidade permite o consumo máximo de açúcares e taxas de produção de etanol durante co-fermentações de xilose/glicose, mas é incapaz de permitir a absorção de xilose quando este açúcar é a única fonte de carbono no meio. S. cerevisiae possui um sistema de regulação pós-traducional que permite a endocitose e degradação de transportadores de membrana na ausência de glicose ou quando a glicose termina. Especificamente, sabe-se que o transportador endógeno Hxt1 é endocitado e degradado no vacúolo celular na ausência de glicose, mecanismo que envolve a ubiquitinação de resíduos de lisina na porção N-terminal do transportador. A fim de evitar essa endocitose do transportador Hxt1, sobre-expressamos o gene HXT1 (que codifica a permeasse Hxt1) na linhagem industrial de S. cerevisiae MP-C5 utilizando um promotor forte e constitutivo (pADH1), deletando, ao mesmo tempo, os primeiros 180 nucleotídeos do gene (que codificam à porção N-terminal do transportador), por técnicas baseadas em PCR e recombinação homóloga. Em ensaios fermentativos, a linhagem recombinante construída MP-C5H1 consumiu toda a xilose presente no meio (40 g L^{-1}) em 48 horas de fermentação, enquanto que a linhagem wild-type MP-C5 levou 72 horas para o total consumo da pentose. Por outro lado, em co-fermentações glicose/xilose, as duas linhagens demonstraram perfis similares de consumo da xilose. Nossos resultados revelaram ainda que a linhagem MP-C5H1 consumiu a glicose mais rapidamente, em 4 horas de fermentação, enquanto que a linhagem parental levou 8 horas para o total consumo da hexose, tanto em meios co-fermentativos quanto em ensaios com glicose unicamente. Assim sendo, a linhagem recombinante desenvolvida constitui uma importante cepa para ser testada futuramente em fermentações industriais, a fim de melhorar a produção de etanol de segunda geração a partir de hidrolisados lignocelulósicos.

Palavras-chave. Etanol 2G. Levedura. Pentose. Transportador. Ubiquitinação.

Apoio: CNPq, FINEP e CAPES

Método para análise de risco de investimentos associados com a implantação de sistemas de geração distribuída de energia elétrica a partir do biogás produzido em estações anaeróbias de tratamento de esgoto

Jonas Abilio Sestrem Junior[1], Ulisses Chemin Netto[2], Gustavo Rafael Collere Possetti[3,4], Diego Issicaba[5]

[1] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil, jsestrem@gmail.com*

[2] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR*

[3] *Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar*

[4] *Instituto Superior de Administração e Economia do Mercosul – ISAE*

[5] *Universidade Federal de Santa Cantarina – UFSC*

Resumo

O setor de saneamento é eletro-intensivo e a recuperação energética do biogás proveniente do tratamento anaeróbio do esgoto visando a geração distribuída de energia elétrica surge como uma alternativa para a promoção da sustentabilidade. No entanto, com o intuito assegurar investimentos prudentes, faz-se necessário respaldar as tomadas de decisão acerca do assunto em análises de viabilidade técnico-econômica e de risco. Nesse contexto, este trabalho apresenta um método inovador capaz de estimar o risco associado com investimentos em unidades de geração distribuída de energia elétrica a partir da recuperação do biogás produzido em estações de tratamento anaeróbio de esgoto (ETE). O método é probabilístico e combina a estimativa da produção de biogás a partir do tratamento do esgoto, a geração distribuída de energia elétrica por meio da conversão do biogás, a avaliação de valor do investimento em termos de risco (VaR – Value at Risk) e a simulação de Monte Carlo. Para tanto, inicialmente, elaborou-se uma planilha contendo uma função de transferência, a qual possibilita converter os dados de vazão e demanda química de oxigênio (DQO) do esgoto que chega em uma ETE em taxas de produção de biogás e de metano. Para tanto, implementou-se um método que considera as rotas de conversão de DQO em reatores anaeróbios, bem como as perdas inerentes ao processo, o qual foi proposto por Lobato (2011). A partir das taxas de produção de metano, estimou-se a quantidade de energia elétrica que poderia ser gerada anualmente em uma ETE, assumindo para tal a conversão em um grupo motogerador. Na sequência, utilizou-se a simulação de Monte Carlo para amostrar os valores de entrada da função de transferência e simular uma distribuição representativa da produção de metano e do custo evitado com energia elétrica na ETE a partir da conversão do biogás. Por fim, esses dados foram comparados com os custos de investimento (CAPEX) e de operação inerentes à unidade de geração distribuída de energia elétrica. Assim, determinou-se um histograma com dados de valor presente líquido (VPL), bem como estimou-se o risco do investimento utilizando a VaR. O método desenvolvido foi aplicado em uma ETE de médio porte, localizada em Curitiba-PR. Para tanto, efetuou-se o tratamento de uma série histórica de dados de vazão e de DQO do esgoto que chega na ETE, a qual foi concebida ao longo de um ano. Os resultados obtidos indicaram que a geração distribuída de energia elétrica a partir do biogás proveniente da ETE possui uma margem de risco aceitável, justificando a realização do investimento.

Palavras-chave. Bioenergia, Biogás, Saneamento, Geração de Energia, Investimentos

Padronização das condições de produção de biomassa de microalgas em escala de engenharia

Thiago Nishimura[1,2], Juliane Morizono Fujii[1], André Bellin Mariano[1,3]

[1]*Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba, Paraná, Brasil*

[2]*E-mail: thiago.nishimura09@gmail.com*

[3]*Professor adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR*

Resumo

Por se tratar de microrganismos vivos, as microalgas precisam de cuidados para que cresçam e se desenvolvam em um ambiente adequado. Com a grande quantidade de espécies de microalgas, faz-se necessário conhecer a microalga com a qual se deseja trabalhar para adaptar o meio de cultivo que melhor supre suas necessidades. Desta forma, este trabalho tem por objetivo descrever as boas práticas no cultivo da microalga Tetradesmus obliquus, cultivada em larga escala pelo NPDEAS (Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável, situado na UFPR). Em escala laboratorial, a T. obliquus é cultivada em meio sintético composto por concentrações saturantes de nutrientes. Esses cultivos laboratoriais são posteriormente utilizados como inóculo para a produção de biomassa em fotobiorreatores tubulares compactos em volumes de 10 m^3. Contudo, na produção em larga escala, utiliza-se dejetos provenientes da suinocultura como fonte de nutrientes. Para que as microalgas obtenham o desenvolvimento desejado, algumas práticas em escala laboratorial são essenciais como, por exemplo, a esterilização do meio de cultivo e das vidrarias a serem utilizadas a fim de evitar contaminação. Além disso, é essencial também o acompanhamento do desenvolvimento das microalgas, evitando problemas como a decantação devido a fatores como agitação inadequada ou morte celular e avaliando a densidade celular, as condições do meio tais quais o pH, fixação de CO_2, a disponibilidade de nutrientes e possíveis contaminações por bactérias, protozoários ou até mesmo de outras espécies de microalgas que podem ser prejudiciais ao sistema pela competição de nutrientes. Nos cultivos em grande escala, vários cuidados se assemelham aos dos cultivos em laboratório, como as análises diárias de diversos parâmetros de crescimento, entre eles a contagem de células, pH e absorbância, a fim de se identificar as fases do cultivo e, assim, tomar as decisões adequadas. A partir dessas análises, é possível verificar através de um microscópio óptico se há contaminação no meio. Um fator limitante do processo consiste na verificação das incrustações nas paredes dos tubos dos fotobiorreatores, uma vez que atrapalham a passagem da luz, prejudicando a fotossíntese e o desenvolvimento celular. Também é preciso tomar cuidado com o ar usado na aeração do cultivo, seja atmosférico ou com CO_2, pois se não houver um sistema de filtros eficiente, pode haver contaminação do fotobiorreator. Há, também, a possibilidade de se reutilizar a água proveniente dos processos de separação para os novos cultivos, permitindo o aproveitamento de nutrientes que ainda estão presentes nessa solução e diminuindo significativamente o consumo de água. Os pontos fundamentais para o cultivo de microalgas são apresentados permitindo aos pesquisadores o aprimoramento de protocolos de trabalho e de obtenção de biomassa, viabilizando a produção industrial e o desenvolvimento de tecnologias de monitoramento e controle.

Palavras-chave. Cultivo de microalgas. Fotobiorreator. Produção de biomassa. Boas práticas.

POTENCIAL ENERGÉTICO DO RESÍDUO GERADO NA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA APROVEITAMENTO NO PROCESSO PRODUTIVO

Alana Natalí Mânica[1], Ricardo de Lima Isaac[2], Rosilea Garcia França[3]

[1]*Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, alana_manica@yahoo.com.br*

[2] *Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo*

[3]*Universidade Federal da Fronteira Sul*

Resumo

A gestão adequada dos resíduos industriais é um fator primordial para redução de custos e minimização do impacto ambiental. A estação de tratamento de efluentes da indústria de reciclagem de papel gera elevadas quantidades de lodo provenientes do processamento e produção do papel. Se realizado correto reaproveitamento desse resíduo no processo produtivo, minimizam-se os custos envolvidos com descarte e diminui a extração de recursos naturais para suprir a demanda energética industrial. Por ser a destinação final do lodo uma problemática ambiental e altos custos estejam envolvidos, este trabalho se justifica pela busca de uma alternativa de aproveitamento energético do lodo da indústria de reciclagem de papel no próprio processo produtivo. Dito isso, objetivo do presente trabalho foi analisar o potencial energético do lodo gerado na indústria de reciclagem de papel para fins de aproveitamento como biomassa combustível para aquecimento das caldeiras. Para tanto, foram determinados, em triplicata de uma única amostragem que seguiu a ABNT NBR 10007/2004, os teores de umidade, material volátil, carbono fixo e cinzas do resíduo (por análise imediata segundo a ABNT NBR 8112/1986). Os resultados do teor de material volátil, carbono fixo e cinzas obtidos foram aplicados na correlação matemática Parikh, Channiwala e Ghosal (2005): $PCS=(0,3536\times F) + (0,1559 \times V) - (0,0078 \times A)$, que fornece o valor do poder calorífico superior do lodo. Os resultados apontam umidade de 65,90% no lodo. Em base seca, o teor de material volátil do lodo é 56,68%, o teor de carbono fixo é 9,05% e 34,27% correspondente ao teor de cinzas. A quantidade de energia liberada pelo lodo durante a queima completa, isto é, o poder calorífico, é de 11,77 MJ kg^{-1}. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que lodo apresentou propriedades favoráveis (porém, não ideiais) para uso como fonte energética alternativa no processo de aquecimento das caldeiras da indústria, que pode ser aplicada de forma isolada ou combinada com outros materiais para melhorar a eficiência do processo. Recomenda-se que seja realizada pré-secagem do lodo para evitar perda de energia durante a combustão com evaporação da água, além de maior atenção ao processo operacional devido às particularidades do resíduo.

Palavras-chave. Biomassa. Poder calorífico. Lodo industrial. Reaproveitamento do lodo. Análise imediata.

PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE MICROALGAS: SCALE-UP

Marcos Vinícius Pereira da Costa[1], Felipe Macedo Ribas[1], Thiago Nishimura[1], Rodrigo Felipe Godoy[1], André Bellin Mariano[1]

[1]Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba, Brasil

Resumo

As microalgas, microrganismos autotróficos ubíquos em ambiente aquático, se transformaram em objeto de estudo pelo homem sob a ótica da ciência no século XIX. Desde então o interesse pela cultura de microalgas aumentou na comunidade científica e em outras esferas da sociedade, principalmente no século XX com o início da produção em grande escala de biomassa de microalgas e o seu vislumbre como uma atividade produtiva promissora. Contudo, mesmo após décadas de estudos e desenvolvimento de tecnologias e técnicas de cultivo mais avançadas, existem ainda diversas dificuldades a serem superadas, com destaque para o aumento da produtividade e eficiência energética, viabilidade econômica e controle das condições de operação. As microalgas são organismos unicelulares de rápido crescimento celular e um grande potencial para produção de biomassa, bioprodutos e biocombustíveis. Tradicionalmente produzidas em tanques abertos, as microalgas hoje são também cultivadas em fotobiorreatores. Na UFPR, o NPDEAS, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável, desde 2008, desenvolve a tecnologia de produção de biomassa microalgal. Desta forma, o presente trabalho apresenta a descrição das etapas necessárias para o aumento de escala para o cultivo de Tetradesmus obliquus, partindo de um inóculo isolado em placa de Petrí até o processamento da biomassa produzida em fotobiorreatores tubulares (FBRs) de 10.000 L. Neste sentido, são apresentados dados de interesse da literatura e de pesquisas científicas publicadas pelo NPDEAS com os FBRs tubulares compactos. O grande desafio é a interface engenharia e biologia na qual precisamos atender as demandas metabólicas das microalgas, bem como, otimizar o aproveitamento de área e absorção de luz pelo desenho dos equipamentos. Neste sentido, também são apresentados os principais cuidados necessários para garantir a produção de biomassa com baixa contaminação, alta produtividade, além de identificar importantes pontos de controle do processo.

Palavras-chave. Scale-up, Biomassa de microalgas, Fotobiorreator.

RECUPERAÇÃO DE ELETRICIDADE COM IMPLEMENTAÇÃO DE USINA DE BIOGÁS UTILIZANDO RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DO ABATE DE BOVINOS EM MATADOUROS DE ARAGUAÍNA-TO PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE – UM ESTUDO DE CASO.

Felipe Calixta Oliveira[1], Gabriel Meneses de Freitas [1], Uana Saraiva Braga Valtuille[2]

[1] *UNITPAC Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos/ Curso de graduação em Engenharia elétrica*

[2] *UNITPAC Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos/ Coordenação do curso de engenharia elétrica.*

Resumo

O município de Araguaína, no estado do Tocantins, está localizado a 380 km da capital, Palmas. Araguaína é conhecida como a capital econômica do estado, uma vez que se destaca nos mais variados setores da economia, especialmente a pecuária. O atual rebanho no Estado do Tocantins é de cerca de 8 milhões de cabeças de gado em processo de engorda para abate, alcançando valores expressivos no setor de vendas, exportando cerca de 51.779.353 kg de carne por ano. No entanto, essa produção exorbitante gera impactos ambientais, como resíduos e produção de gases nocivos ao meio ambiente. Este trabalho científico apresenta um estudo de caso aplicado à cidade de Araguaína, que atualmente possui cinco grandes frigoríficos instalados em suas limitações com abate diário de cerca de 5.000 cabeças de gado. A metodologia utilizada é um estudo de caso com coleta de dados através da aplicação de formulários e questionários nos abatedouros locais para estabelecer o status quo do conhecimento sobre sistemas de recuperação de energia na região e quantificar a quantidade de resíduos orgânicos produzidos para produção de biogás. . Uma estimativa da eletricidade potencial gerada a partir desse resíduo foi feita usando um fator de conversão de biogás para eletricidade encontrado na literatura. O potencial de produção de biogás utilizando os resíduos dos matadouros foi de 2.153.017 m ^ 3 / ano. Essa quantidade de biogás pode gerar cerca de 3.074.508 kWh / ano de eletricidade. O estudo propõe a instalação de uma usina de geradora de biogás, onde os frigoríficos fornecem os resíduos aos proprietários da usina, que tem como objetivo injetar a produção de eletricidade no sistema da concessionaria de eletricidade local visando lucros. É possível concluir que o uso de resíduos de matadouros para produzir eletricidade é uma solução interessante para a gestão de resíduos na indústria de bovinos, reduzindo os custos de utilidades das empresas e os danos ambientais envolvidos.

Palavras-chave. *Biogás, resíduos, eficiência energética.*

INTRODUÇÃO

Delimitação

Esta pesquisa é realizada nos frigoríficos da cidade de Araguaína, localizada no estado do Tocantins, norte do Brasil.

Justificativa

Resíduos orgânicos em sua decomposição natural por bactérias anaeróbicas geram gás metano em grandes quantidades, que quando liberados na atmosfera contribuem significativamente para o efeito estufa e, consequentemente, para o aquecimento global. Este gás tem um potencial de alta energia e pode ser usado para geração de energia elétrica. Nesse processo, o gás metano é convertido em dióxido de carbono, que tem uma contribuição muito menor para o aquecimento global. O biogás é composto de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), oxigênio (O_2) e sulfeto de hidrogênio (H_2S), sendo o metano 50% da composição. Inúmeras vantagens são proporcionadas pelo uso do biogás, como: redução do efeito estufa pela redução do metano liberado na atmosfera e contribuição para a minimização de resíduos sólidos urbanos, renováveis e resíduos de origem animal (BLEY Jr., 2009).

A cidade de Araguaína - TO uma das maiores fornecedoras de carne para o Brasil e também para o exterior possui cinco frigoríficos em suas proximidades. Estudar, quantificar e difundir a possibilidade de recuperação de energia a partir dos resíduos orgânicos resultantes do abate de bovinos contribui significativamente para a redução dos impactos ambientais dessa atividade econômica e, além disso, contribui também para a geração de energia renovável para matriz energética nacional.

Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE, no Brasil o efetivo total é de 1,634 bilhão de animais; no estado do Tocantins existem 243.744 bovinos em engorda para abate e, consequentemente, há uma grande quantidade de esterco produzido por eles, ao longo deste ciclo de vida.

O biodigestor é o equipamento usado para o tratamento de resíduos animais para fins de uso de biogás. É constituído por uma câmara fechada onde a biomassa (em geral, detritos de animais) passa pelo processo de fermentação anaeróbica. Como resultado dessa fermentação, o biogás e os biofertilizantes são produzidos. Desta forma, é concebível descrever o biodigestor como um dispositivo para conter a biomassa e seu produto: o biogás, que pode ser utilizado de diversas formas, sendo uma delas a geração de eletricidade (GASPAR, 2003).

Segundo Bley, Jr. (2015), o biogás produzido em biodigestores no Brasil tem grande potencial como energia renovável, pois se espalha por todo o espaço e é mais acessível em relação ao custo de operação. Tudo o que é orgânico gera o metano capaz de se transformar em eletricidade.

A versatilidade do biogás é enorme como uma energia renovável, uma vez que a energia mecânica é gerada a partir da energia química. Utilizando processos de combustão controlada, os geradores são acionados por motores estacionários que resultam na conversão instantânea de eletricidade (BLEY Jr, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada é um estudo de caso com coleta de dados através da aplicação de formulários e questionários nos matadouros locais para estabelecer o status quo do conhecimento sobre sistemas de recuperação de energia na região e quantificar a quantidade de resíduos orgânicos produzidos para produção de biogás. .Também foi utilizada a literatura para determinar o fator de conversão e a quantidade de resíduos do matadouro dos abatedouros. Dados da distribuidora local de energia elétrica (Energisa Tocantins) e da Secretaria de Planejamento do Tocantins (SEPLAN) foram utilizados para conhecer os dados de consumo de energia elétrica na cidade de Araguaína

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO.

Para determinar a quantidade de biogás a ser gerada no municipio de Araguaína foi necessário aplicar um formulário que contem perguntas especificas, com finalidade de levantar dados para utilizar na equação que fornece o resultado final buscou-se determinar a quantidade de toneladas métricas de biogás / ano a partir da decomposição anaeróbia do esterco do abate, o número de animais (cabeças) abatidos por ano, o peso dos resíduos a serem utilizados no processo de biodigestão, a massa específica do biogás (1,16 kg / m^3) e o volume de biogás gerado especificamente por esterco bovino foram considerados (BARRERA, 1993).

$$Biogás\left(\frac{m^3}{ano}\right) = \frac{[\,cabeças\ x\ Et\ x\ Pb]}{massa\ especifica\ do\ biogás} \qquad (1)$$

Onde:

Et = esterco total [kg de esterco / (dia. Unidade de energia)];

Pb = Produção de biogás [kg de biogás / kg de esterco]

Segundo BARREIRA (1993) 1 m^3 de biogás equivale a 1,423 kWh de eletricidade. Essa relação aplicada na equação 1 determina o potencial de gerar eletricidade a partir do resíduo do processo de abate das quatro unidades localizadas na cidade de Araguaína.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a Secretaria de Planejamento do Tocantins (SEPLAN), existem cinco grandes frigoríficos localizados em Araguaína, com capacidade de abate diário de cerca de 1.000 bovinos em cada unidade, informações confirmadas em formulário aplicado a duas empresas instaladas no município.

Considerando a operação das unidades, foi utilizado um total de 270 dias de operação normal por ano para o cálculo do matadouro anual. É possível que a capacidade anual de abate do município de Araguaína seja de 1.350.000 cabeças, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Bovinos abatidos anualmente em Araguaína-To.

Categoria	Numero de abates (por dia)	Numero de abates (por ano)
Gado	5,000	1,350,000

Fonte: Adaptado da SEPLAN, Cidade dos Dados Socioeconômicos de Araguaína-To no ano de 2017.

Com base nos dados de referência fornecidos pelo Centro Nacional de Referência de Biomassa em 2011, foi possível determinar a quantidade de biogás que pode ser gerada com o abate anual de bovinos na cidade de Araguaína, os dados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Potencial de biogás a ser gerado com resíduos de abatedouro em Araguaína

Origem do animal	Quantidade de resíduos (kg / cabeça)	(kg biogás / kg resíduos)	Concentração de Metano	Biogás ($\mathbf{m^3/ano}$)
Bovinos	50	0.037	60%	2,153,017

Fonte: Adaptado de CENBIO (2011)

A quantidade de biogás que pode ser gerada a partir do total de animais abatidos por ano em Araguaína-To com base na equação 1 pode ser verificada na tabela 1.

Segundo GONÇALVES T. (2016), o rebanho com maior potencial de geração de biogás no Brasil é o rebanho bovino. No entanto, o rebanho bovino não é o mais eficiente no campo do biogás, o esterco bovino é cerca de 40% e 30% menos eficiente que suínos e esterco de galinha, respectivamente. No entanto, o rebanho bovino no Brasil é maior que os demais. A quantidade de estrume produzida pelo gado também é significativamente maior do que as outras, um total de 10 kg por dia, mas o rendimento do resíduo é menor se a relação quantidade por rendimento é realizada. (GONÇALVES, 2016)

A recuperação energética do esterco bovino é a menos disseminada, pois seu método de engorda é diferente dos demais. Geralmente é criado em campos abertos, enquanto suínos e galinhas passam pelo método de confinamento. Portanto, a coleta de resíduos não é viável dado o tamanho do gado e os custos para construir uma estrutura capaz de segurá-los. (GONÇALVES, 2016)

Um sistema de recuperação de energia em matadouros parece ser viável, uma vez que os resíduos são obtidos após o abate do animal. Ele está localizado no sistema de esgoto da indústria. Tais resíduos seriam tratados em lagoas de estabilização, sistema que ainda gera impactos ambientais e tem sua eficiência contestada. Outra grande vantagem é a quantidade de esterco proveniente do abate, enquanto o animal produz 10 kg de esterco por dia, segundo FELICIO P. (1988), o peso médio do esterco bovino pesa cerca de 50 kg, portanto fica clara a vantagem de usar resíduos do abate e não do processo de confinamento. (FELICIO P. E. 1988)

Considerando que 1.428 kWh de eletricidade podem ser produzidos com 1 m^3de biogás, foi possível determinar o potencial de geração de eletricidade a partir do abate de bovinos das unidades de matadouros de Araguaína-To. O valor encontrado é mostrado na tabela 3. A geração efetiva de eletricidade através do uso de resíduos de matadouro foi de aproximadamente 3.074.508 kWh / ano. Como o consumo total de energia elétrica na cidade de Araguaína em 2015 foi de 252.774.000 kWh, segundo a empresa local de distribuição de energia elétrica (Energisa), é possível notar o alto potencial de produção de eletricidade a partir do biogás na cidade. É importante notar que as indústrias da cidade consumiram apenas 20.726.000 kWh no ano de 2015, setor que inclui as unidades de abate de bovinos.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a produção total de eletricidade no estado do Tocantins foi de 12.747 GWh. Todos esses dados destacam o potencial do método de produção de energia elétrica desta pesquisa.

Tabela 3. Potencial de geração de eletricidade a partir de esterco bovino em Araguaína-TO.

Material	Potencial elétrico (KWh / ano)
Resíduos de bovinos	3,074,508

CONCLUSÃO

É possível concluir que a geração e o uso de biogás no segmento frigorífico são bastante viáveis. Notou-se durante a pesquisa que as empresas não possuem interesse na instalação da usina de biogás dentro das próprias unidades, porém foi possível constatar a dificuldade de manejar os resíduos de forma correta seguindo as normas ambientais, logo a alternativa encontrada foi a implementação da usina por terceiros como forma de empreendimento, uma vez que o proprietário da empresa poderá injetar a produção de eletricidade no sistema da concessionaria de eletricidade local, obtendo ganhos financeiros e ambientais, uma vez que os resíduos podem ser adquiridos com baixo custo, pois representam

problemas para as unidades frigorificas, agregando valor a um resíduo que até então não proporcionava nenhum benefício ou uso às unidades.

No Brasil, os sistemas de produção de eletricidade com biodigestores que utilizam frangos e suínos apresentam maior incidência, pois segue o sistema de confinamento, o que normalmente não ocorre na pecuária bovina. Neste setor, o gado engorda no sistema extensivo que não é viável para os sistemas de recuperação de energia, já que teria altos custos com logística, transporte e condicionamento. Essas dificuldades não ocorrem quando a matéria-prima é obtida na unidade de abatedouro, resolvendo os problemas citados acima e destacando a alternativa descrita neste artigo como alternativa viável.

Referências Bibliográficas

BARRERA, Paulo. Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. 2. Ed. São Paulo: Ícone, 1993.

BLEY Jr., C. Biogás: a energia invisível. 2ª ed. rev. e ampl.; São Paulo : CIBiogás; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BLEY Jr., C. Embrapa – Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. Ed. Foz do Iguaçu: FAO. 2009.

ENERGISA-TO – Companhia de eletricidade do estado de Tocantins - Estatísticas de consumo de eletricidade no municipio de Araguaína- TO.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2017. Disponível em:

http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf. Acesso em 10 de novembro de 2017.

FELÍCIO, P.E. O pecuarista recebe pela carne, mas o boi não é feito só de bifes. C.R.M.V.-4, São Paulo, v.26 p.15-17, 1988.

FOLLE, J.; SEIXAS, S.M; MARCHETTI, D. Construção e funcionamento de biodigestores. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/549425/construcao-e-funcionamento-de-biodigestores>. Acesso em: 15 de novembro 2017.

GASPAR, R. M. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR. 2003.

GONÇALVES, T. de A. C.; COUTO, M. A. P. G.; BORGES, E. R.. Avaliação do potencial energético a partir de dejetos animais. XXI Congresso brasileiro de engenharia química: Fortaleza Ceará. 2016

MMA - Programa das nações unidas para o desenvolvimento - PNDU Ministério do Meio Ambiente. Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos, visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf>. Acesso em: 15 de novembro 2017.

SGEE-Sistema de estimativa de emissões de gases de efeito estufa. Balanço de emissões de gases no Brasil no ano de 2016. São Paulo, SP. 2016.

SEPLAN-TO- Secretaria de orçamento e planejamento do estado de Tocantins – Perfil socioeconômico do municipio de Araguaína-TO. Disponível em: https://central3.to.gov.br/arquivo/348465/. Acesso em 4 de novembro de 2017.

Viabilidade da codigestão de soro de ricota na biodigestão anaeróbia de dejetos bovinos: potencial energético e produtividade

Matheus Gomes Gonçalves[1], Larice Aparecida Rezende Santana[2], Marcelo Henrique Otenio[3], Henrique Vieira de Mendonça[4], Jailton da Costa Carneiro[5]

[1]*Rede de Ensino Doctum, matheus_mg_g@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal de Juiz de Fora*

[3] *Embrapa Gado de Leite*

[4]*Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*

[5]*Embrapa Gado de Leite*

Resumo

O soro de ricota (SR), subproduto de laticínios resultante da ricota é composto por ácidos orgânicos, gorduras, sais, baixa concentração de proteínas e elevada concentração de lactose entre 4,8 e 5,0%, tem demanda química de oxigênio (DQO) próxima de 50.000 mg/L e elevada relação carbono/nitrogênio (C:N). O descarte deste resíduo tem alto custo. A biodigestão anaeróbia (BA) pode ser considerada para viabilizar o destino mais adequado para este resíduo, em codigestão, como uma tecnologia ambientalmente sustentável e eficaz. A codigestão anaeróbia (CA) é um processo onde dois ou mais resíduos são processados simultaneamente, intensificando a reciclagem de resíduos, com aumento do potencial energético e produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da CA de SR, na BA de dejetos bovinos (DB). Biodigestores de modelo plug-flow, formato cilíndrico, volume médio de 60L, com gasômetros acoplados foram operados utilizando-se misturas nas concentrações de 20% de SR e 80% de DB; 40% de SR e 60% de DB; 80% de SR e 20% de DB; e o controle com apenas de DB, abastecidos diariamente com dois litros da mistura. O DB utilizado foi preparado com a mistura de esterco bovino fresco e água residuária da limpeza de pisos dos currais, até sólidos totais em torno de 6% (+/- 2%). O experimento foi conduzido em três fases operacionais: 1)inóculo competente (15 dias), 2) adaptação de inóculo (30 dias) e 3) codigestão completa (139 dias). Acompanhou-se as variáveis: a) Demanda Química de Oxigênio (DQO), semanalmente, por método colorimétrico (10 análises); b) volume de gás produzido via gasômetro submerso, realizada duas vezes ao dia (368 medidas); c) concentrações de metano (CH_4), por cromatografia gasosa, semanalmente (19 determinações); a produtividade de biogás foi calculada com a equação de Chernicharo. Nas médias aplicou-se Análise de Variância e Teste de Tukey, com nível de confiança de 95 %. A avaliação de eficiência dos biodigestores foi realizada na ultima fase. O biodigestor operado na concentração de 20% de SR e 80% de DB apresentou em DQO de entrada 102,7 Kg/m³ e 50 Kg/m³ de saída, 15,48 L/dia de biogás com 57,31% de metano e produtividade de biogás de 1,5 $m^3/mês^{-1}$. Na concentração de 40% de

SR e 60% de DB apresentou de DQO de entrada 80,9 Kg/m³ e saída de 47,15Kg/m³, produzindo 25,26 L/dia de biogás, com 56,48% de metano e produtividade de biogás de 2,06 m³/mês^{-1}. O de 80% de SR e 20% de DB demonstrou 53,25 Kg/m³ de DQO de entrada e 14 kg/m³ da saída, com 20,75 L/dia de volume de biogás, 57,58% de metano e 5,28 m³/mês^{-1} de produtividade de biogás. O biodigestor controle apresentou DQO de entrada de 98,4 Kg/m³ e 57 Kg/m³ de saída, volume de biogás de 22,33 L, concentração de metano 57,2% e produtividade de biogás de 1,11 m³/mês^{-1}. A codigestão de SR na concentração de 80% foi a mais viável, com diferença significativa na vazão volumétrica de biogás. O SR pode ser uma biomassa viável até 80% em CA, agrega valor e eficiência em ganho energético. Este subproduto pode melhorar a produtividade de biogás por volume de biodigestor em operação.

Palavras-chave. *Carga orgânica. Resíduo agroindustrial. Bioenergia.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Embrapa Gado de Leite pelo financiamento do projeto e ao CNPq.

VIABILIDADE NA CODIGESTÃO DE RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CERVEJARIA NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS BOVINOS

Luan Oliveira Marques[1]; Larice Aparecida Rezende Santana[2]; Flavio Da Rocha Azevedo[3]; Henrique Vieira Mendonça[4]; Marcelo Henrique Otenio[5].

[1] *Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Rede de ensino Doctum, departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária*

[2] *Aluno do Curso de mestrado profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais*

[3] *Professor, Rede de ensino Doctum*

[4] *Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*

[5] *Pesquisador A, Embrapa Gado de Leite.*

Resumo

O processo de produção de cerveja produz efluentes, que após o processo de tratamento, resulta em um lodo recalcitrante, denominado Resíduo de Estação de Tratamento de Efluente de Cervejaria (RETEC), este apresenta carga orgânica remanescente, habilitando como biomassa em codigestão anaeróbia, otimizando o processo de biodigestão de bovinos, equilibrando as cargas orgânicas e aumentando a produção de biogás. Este trabalho buscou avaliar a viabilidade da biodigestão anaeróbia de dejeto bovino da pecuária leiteira, em codigestão com RETEC. A pesquisa foi realizada utilizando quatro biodigestores cilíndricos de 60L com gasômetros acoplados, nas proporções de 20%, 40% e 80% de RETEC, completados com dejetos bovinos até 100% e o controle com dejeto bovino puro, abastecidos diariamente com 2 litros das respectivas misturas. O experimento foi dividido em três fases operacionais, sendo elas, inoculo competente (15 dias), adaptação de inoculo (30 dias) e codigestão completa (139 dias). O acompanhamento do experimento ocorreu com: 1) a determinação dos sólidos totais (ST), realizada semanalmente em duplicata; 2) medida do volume de biogás, pelo deslocamento vertical dos gasômetros; e 3) com a determinação da concentração de metano CH_4, semanalmente, por cromatografia gasosa. A remoção dos ST foi baseada na relação de entrada e saída dos biodigestores. As análises foram realizadas na fase de codigestão completa. As médias dos resultados foram avaliadas por Análise de Variância e Teste de Tukey, com nível de confiança de 95%. Os biodigestores com concentrações de 20%, 40% e 80% de RETEC e o controle apresentaram, respectivamente: volume de biogás de 21,97 m^3/dia, 16,59 m^3/dia, 8,23 m^3/dia e 22,33 m^3/dia; concentração de CH_4 de 58,14%/dia , 52.28%/dia, 35.6%/dia e 57.93%/dia; com remoção de ST de 33%, 24%, 29%, 22%. O biodigestor com 80% de RETEC parou de produzir aos 104 dias de codigestão com 10% de metano. O de 20% de RETEC apresentou uma diferença significativa na

produção e qualidade do biogás com degradação de biomassa, sendo viável na codigestão de RETEC, potencializando a biodigestão de dejetos bovinos.

Palavras-chave: Resíduo industrial; biomassa; produtividade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Embrapa Gado de Leite pelo financiamento do projeto.

Capítulo 5. Energia de Biomassa

A biomassa da cana-de-açúcar como insumo para energia renovável

Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira[1] Raquel Nazário da Rosa Prado[2] Wong Wei Wei[3]

[1]*Mestranda do Programa de Engenharia Civil da Unisinos, anamarthacarneirogarcia@gmail.com*

[2] *Mestranda do Programa de Engenharia Civil da Unisinos, kel_rnr@hotmail.com*

[3] *Mestranda do Programa de Engenharia Civil da Unisinos, weiwong91@outlook.com*

Resumo

O presente trabalho é um levantamento dos conceitos sobre biomassa e sua utilização para a geração de energia. É qualquer recurso proveniente de material orgânico com a finalidade de se obter energia, do qual agride pouco ao meio ambiente. Sua aplicação na obtenção de energia termoelétrica é capaz de proporcionar independência energética para residências, empresas, cidades e diversas comunidades distantes da rede elétrica por sua produção ocorrer nas proximidades de sua região de consumo. Foram realizadas leituras de textos sobre o tema para embasar as discussões, exemplos e conceituação objetivando traçar um quadro explicativo sobre as metodologias de obtenção de energia a partir da biomassa. O maior exemplo, atualmente, de produção de bioenergia no Brasil, proveniente de biomassa, é a cana-de-açúcar. Utilizada para a produção de etanol, os seus resíduos,como o bagaço e a palha, também são utilizados para a produção de bioeletricidade.. A geração de energia elétrica a partir da biomassa é capaz de fornecer energia estável para o sistema elétrico local havendo diminuição nas perdas dentro dos sistemas de transporte e distribuição sem requerer grandes investimentos em longas redes de distribuição. A biomassa tem sido a alternativa utilizada para a produção de diversos produtos que hoje tem como matéria prima o petróleo uma vez que o principal problema advindo do uso do petróleo é que os recursos fósseis são finitos e causam prejuízos ao meio ambiente como poluição atmosférica e emissão de gases do efeito estufa. . Um dos argumentos para a utilização da energia proveniente da biomassa está relacionada a produção de gases de efeito estufa, que esse material não produz de forma significativa e muitas vezes elimina em sua cadeia produtiva, tornando-a uma fonte de energia renovável. As tecnologias de utilização da Biomassa mostram, o reaproveitamento de alguns gases, como por exemplo, o CO2.. É possível concluir então que, ainda existem muitas possibilidades para o aproveitamento da biomassa em vários setores econômicos e que as inovações tecnológicas virão para gerar maiores economias dos recursos não renováveis, diminuição assim a poluição com emissão de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Biomassa. Recursos Renováveis. Biocombustíveis.

Introdução

O aumento do consumo de energia associado à necessidade de proteger o meio ambiente força a sociedade a buscar novas formas de geração de energia renovável. Energia que visa reduzir o uso de combustíveis fósseis e reduzir as emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Entre as muitas fontes existentes de energia renovável, a biomassa é uma das mais confiáveis quando o objetivo é a geração de energia termoelétrica porque é constante e armazenável, não dependendo de mudanças climáticas. Qualquer recurso proveniente de material orgânico com a finalidade de obter energia é considerado Biomassa, portanto, é uma forma muito abundante de energia e que agride pouco o meio ambiente. Biomassa é a forma de energia renovável mais utilizada no planeta e estima-se que em torno de 14% da energia mundial seja proveniente de Biomassa e no Brasil essa fonte energética só está abaixo do petróleo respondendo por 31% da energia gerada no país (BRASIL, 2007).

É uma solução que reduz a quantidade de resíduos e efluentes, além de permitir a geração de energia a partir de matérias-primas próprias ou locais, além de proporcionar independência energética para residências, empresas, cidades e diversas comunidades distantes da rede elétrica (PECORA, 2006). Biomassa é todo e qualquer material de origem biológica, como culturas energéticas, resíduos agrícolas e florestais. Esta energia é renovável devido à sua capacidade de se regenerar por meio do uso e manejo sustentável destes recursos. O valor calorífico da biomassa pode variar de 3000 a 3500 kcal / kg para resíduos urbanos e atingir 10000 kcal / kg para combustíveis líquidos de culturas energéticas (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

Métodos

Foi realizada para a confecção deste texto uma pesquisa exploratória do tipo descritivo e bibliográfica. Segundo Andrade (2005) , esse tipo de pesquisa é realizada com a leitura criteriosa das informações contidas em livros, artigos científicos e publicações em periódicos científicos. Após a classificação e a análise, pelo pesquisador, o material é organizado dentro da sua relevância para a construção das bases teóricas sobre o tema ou assunto.

Atendendo a esses procedimentos metodológicos, buscou-se delinear a realidade existente e levantar os conhecimentos a respeito das pesquisas já realizadas na descrição dos conceitos, métodos e tecnologias envolvendo a biomassa. Para tanto, fez-se a leitura, análise e interpretação atenta e sistematizada do material encontrado, com a proposta de destacar os aspectos relevantes em relação ao presente objeto de estudo (SPECTOR, 2002).

Discussão

Sendo a Biomassa toda matéria prima de origem biológica que pode ser utilizada para a produção de energia bem como gerar uma série de produtos que podem chegar a diversos setores da sociedade. O maior exemplo hoje da produção de bioenergia no Brasil, quando se fala de biomassa, é a cana-de-açúcar. A cana é utilizada para a produção de etanol e os seus resíduos como o bagaço e a palha podem ser utilizados para a produção de mais etanol ou também de bioeletricidade (SIMIONI, 2006).

Os produtos gerados pela biomassa são classificados em grupos: sólido, líquido e gasoso. Segundo Vergara (2014) a biomassa é classificada de acordo com seu percentual de umidade, estando dividido em biomassa seca ou biomassa úmida. A biomassa seca tem um teor de umidade inferior a 60% e inclui resíduos da indústria agrícola e florestal, que é usada para a

produção de energia térmica ou elétrica ou ambos ao mesmo tempo, um processo conhecido como cogeração. A biomassa com percentual superior a 60% de umidade inclui efluentes com alta carga orgânica, como aqueles provenientes de animais confinados ou incubatórios, podendo ser transformada em energia térmica e elétrica por processos químicos ou físicos, obtendo combustíveis líquidos e gasosos.

A utilização de Biomassa Sólida como recurso energético apresenta como principais vantagens o baixo custo de aquisição, o menor risco ambiental e o fato de se tratar de um recurso renovável. Além disso, pode-se usar os resíduos da produção de biocombustível para a produção de adubo ou para a produção de rações para alimentação animal. Os resíduos da Biomassa também estão presentes na confecção de produtos químicos com maior valor agregado, que são utilizados na indústria farmacêutica, na indústria alimentarem, e numa série de outras indústrias. Um exemplo de uso é o bioplástico, que é utilizado na produção de garrafas plástico PET (PEREIRA, 2018).

Segundo o CENBIO (2002), outro método de geração é a queima de resíduos de biomassa seca na presença de oxigênio (O2) de maneira controlada, produzindo um gás combustível chamado “gás pobre”, pelo processo chamado de gaseificação. Este gás pode ser usado como comburente para gerar energia térmica em uma caldeira, a fim de produzir vapor ou ser resfriado e condicionado para alimentar motores de combustão interna para gerar eletricidade. A biomassa úmida é transformada em energia a partir do seu processamento em biodigestores. A mistura de resíduos orgânicos com água para sua decomposição com a aplicação de bactérias anaeróbicas produz biogás com uma porcentagem de metano entre 55% e 75%. Este biogás é transformado em energia térmica ou elétrica para uso doméstico ou industrial. Segundo Figueiredo (2012) os resíduos provenientes dos diferentes processos de transformação da biomassa em energia são utilizados como fertilizantes orgânicos.

A energia gerada pela biomassa é consumida em seu local de produção, resolvendo assim as necessidades energéticas de residências, empresas, cidades e comunidades afastadas. A geração de energia elétrica a partir da biomassa fornece energia estável para o sistema elétrico local e a energia distribuída diminui as perdas nos sistemas de transporte e distribuição sem requerer grandes investimentos em redes de distribuição, liberando as linhas do sistema (SILVA et al., 2005). O Brasil, graças às suas condições agroecológicas privilegiadas, pode se tornar um importante protagonista na geração de energia derivada da biomassa, pois as diferentes regiões do país apresentam uma grande diversidade de projetos em bioenergia.Segundo Pacheco (2006) o Brasil possui boas condições naturais e geográficas para a produção de Biomassa, que possui alta eficiência energética e baixo custo.

A grande disponibilidade de biomassa para fins energéticos é explorada pelos setores público e privado, demonstrando benefícios econômicos, sociais e ambientais, promovendo a criação de novos postos de trabalho, melhorando as condições socioeconômicas de povoados rurais e energeticamente vulneráveis, mobilizando o investimento em geração de energia que converte milhões de toneladas de resíduos em matérias-primas com alto valor energético, diversificando a matriz energética, ao permitir a economia de milhões de reais na substituição de importações de combustíveis fósseis (ALVAREZ e BRAGANÇA, 2016). Diminuindo a contaminação do solo e da água e colabora para a redução da emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Em nível nacional, gera oportunidades de negócios, fomenta a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, aumentando a competitividade das indústrias e de seus produtos.

A biomassa tem sido a alternativa utilizada para a produção de diversos produtos que hoje tem como matéria prima o petróleo. (ROCHA, 2011). Um dos principais pontos positivos da biomassa é o fato de ser renovável. O petróleo é finito, e a energia da biomassa é infinita, ela se renova. Outra vantagem da utilização da energia proveniente da biomassa é em relação ao impacto do meio ambiente, principalmente com a produção de gases de efeito estufa.

As tecnologias de utilização da Biomassa mostram, quando comparado com o petróleo, que a mesma produz menos gases de efeito estufa e alguma delas permitem o reaproveitamento desses gases, como por exemplo, o CO2 para ser utilizado em diferentes processos produtivos. Ao contrário das energias convencionais como o petróleo, a biomassa é uma fonte de energia renovável. A biomassa é uma energia neutra em relação ao efeito estufa, porque o CO_2 emitido durante a conversão energética é captada pela vegetação em crescimento, segundo o mecanismo natural da fotossíntese. A unidade de conversão pode produzir calor e alimentar, por exemplo, uma rede de calor urbano. Para produzir eletricidade, a solução convencional é a combustão, que consiste em queimar a biomassa numa caldeira (GOLDEMBERG, 2009).

O bagaço de cana-de-açúcar, considerado como biomassa, é o resíduo da moagem da cana nas usinas de açúcar e álcool. Ele também é a matéria prima para a geração de energia em termoelétricas. Dentro de grandes caldeiras, a combustão desse bagaço é aquecida com água e produz o vapor, esse vapor movimenta as turbinas que acionam os geradores (TORSO e MINUTTI, 2006). Os geradores transportam a energia mecânica dos movimentos das turbinas e geram energia elétrica. A corrente elétrica gerada é liberada pela casa de força por meio de cabos sendo conduzida até a subestação onde sofre uma elevação de tensão.

Uma parte da energia produzida abastece a usina de açúcar e álcool o restante da energia é injetada na rede de transmissão e distribuída para as residências, indústrias e cidades Brasileiras. As cinzas e fuligens da caldeira também são reaproveitadas nas lavouras e são utilizadas como fertilizantes. Os gases gerados no processo passam por um filtro e são emitidos na atmosfera limpos e sem impacto ao meio ambiente. Durante a entressafra da cana-de-açúcar são realizadas manutenções na usina e a termoelétrica pode continuar o funcionamento utilizando o bagaço excedente ou ainda outra fonte de biomassa. As termoelétricas movidas a biomassa no Brasil, tem capacidade instalada de 370 megawatts, energia suficiente para abastecer 1.700.000 pessoas ou 370.000 famílias (TOMAZ et al., 2015).

A biomassa pode ser obtida tanto para a produção de termoeletricidade quanto para veículos de transporte, como o biodiesel e o etanol. Na termoeletricidade a queima dos combustíveis fósseis é substituída pela queima de combustíveis vegetais como o bagaço de cana, a lenha a casca de arroz, e o biogás, entre outros. Nos veículos, destaca-se o biodiesel que pode substituir o óleo diesel convencional, porém só é produzido a partir de sementes oleaginosas como a soja, canola, mamona, babaçu e o etanol que é um bom substituto para a gasolina, obtido a partir do milho, da cana-de-açúcar ou da beterraba (VIOLANTE, 2018).

Nos Estados Unidos o etanol é feito a partir do milho, e tem uma capacidade pequena em relação ao combustível fóssil necessário para a colheita e a produção. Para cada unidade de petróleo usado no processo de produção obtém-se 1,3 unidades de energia de etanol combustível (MACEDO, 2007). É positivo, mas não é suficiente para justificar o

desenvolvimento tecnológico para a produção de combustíveis a base de milho. Já o etanol de cana-de-açúcar, no Brasil, produz 8 unidades de energia para cada unidade de energia fóssil usada. Além da matéria prima conter muitos açúcares fermentáveis a queima do resto da planta fornece energia para a fermentação e a destilação. O resultado é uma grande redução na emissão de gás carbônico. Não é fácil converter em açucares as duras fibras de celulose por meio da bioengenharia, mas o resultado compensa.
Quase 20% dos gases do efeito estufa causadores do aquecimento global são emitidos por automóveis (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012). Além de serem renováveis os biocombustíveis, óleos vegetais, biodiesel e etanol, são melhores que a gasolina para o meio ambiente, pois liberam gases que são menos tóxicos. Além disso, as plantas usadas na produção dos biocombustíveis retiram o gás carbônico da atmosfera, os biocombustíveis mais procurados atualmente são os feitos a partir dos óleos vegetais graxos e o etanol, um álcool combustível, destilado de açucares.

A biomassa pode ser obtida de forma direta ou de forma indireta. A obtenção se envolve simplesmente na queima do material para liberação de calor, portanto está ligada diretamente a queima de material orgânico, o que ocorre, por exemplo, como no fogão a lenha, com a queima da madeira. Já a obtenção indireta resulta na produção de um bicombustível, seja ele líquido como o etanol ou gasoso como o metanol ou gases gerados em aterros (ARRUDA, 2009).

A gaseificação apresenta um melhor desempenho energético pois uma mesma quantidade de biomassa é capaz de produzir mais eletricidade. No processo de gaseificação uma partícula de biomassa é depositada no reator. Sob efeito do calor a partícula é seca, a água contida na se evapora, em seguida a partícula sofre pirólise. Os gases que vão escapar, principalmente o monóxido de carbono (CO) e o hidrogênio (H) se combinam em formam uma cadeia de hidrocarboneto. A madeira que é utilizada neste processo é transformada em carvão de madeira e o gás de síntese é usado para fabricar biocombustíveis para veículos automotores. A qualidade deste biocombustível é melhor do que a do diesel comum. Usando a gaseificação é possível transformar os resíduos agrícolas e florestais em eletricidade, calor e combustível (RIBEIRO et al., 2007).

Conclusão

A razão de conversão da biomassa proveniente da cana-de-açúcar é de 10 para 1, ou seja, para cada unidade de combustível fóssil usada obtém-se 10 unidades de energia combustível. Outro benefício da cana-de-açúcar como matéria prima para a produção do biodiesel é que além de se obter maior tonelada de biomassa por acre de terra com este material do que com o milho, existem muitas outras vantagens (ALTOÉ et al., 2017). A cana-de-açúcar precisa de menos água e fertilizante cresce rapidamente, pode ser colhida uma ou duas vezes ao ano e pode ser cultivado em uma ampla faixa.

Desta maneira o que se pode concluir é que a utilização da biomassa proveniente da cana-de-açúcar é, no caso da substituição dos combustíveis para veículos automotores, uma alternativa coerente e tecnologicamente adequada para atender tanto as demandas energéticas quando ambientais.

Dentro das múltiplas aplicações da biomassa para a geração de energia, a mais sensível é a busca da substituição dos combustíveis fósseis em diferentes processos produtivos, seja no uso em veículos como para a geração de energia elétrica por meio de termoelétricas que está

em expansão em muitos países, sendo que o Brasil já utiliza parte da sua produção de biomassa na geração de energia elétrica.

Pode-se concluir que as tecnologias para o aproveitamento da capacidade da biomassa estão em processo de desenvolvimento e que ainda devem surgir novas tecnologias e aplicações para esta matéria-prima na substituição de recursos não renováveis.

Referências Bibliográficas

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A.H.; VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética Estudos Avançados vol.31 no.89 São Paulo Jan./Apr. 2017 Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100285 > acessado em 11/03/2019

ALVAREZ, C. E. , BRAGANÇA, L. (Orgs) Comunidades urbanas energeticamente eficientes [recurso eletrônico] : formação de recursos humanos para a promoção de bairros urbanos energeticamente sustentáveis Vitória : EDUFES, 2016. Disponível em: < http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6802/1/Versao%20digital_comunidades%20urbanas%20energeticamente%20eficientes.pdf > acessado em 12/03/2019

ANDRADE, M. M. Introdução a Metodologia do Trabalho Científico: elaboração de trabalhos na graduação. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

ARRUDA, M. Z. Análise de combustíveis de caldeiras Monografia (Graduação) Curso de Engenharia Ambiental Universidade de Passo Fundo Passo Fundo, 2009 Disponível em: < http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2009- 2/MATEUS%20ZART%20DE%20ARRUDA.pdf > acessado em 11/03/2019

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . _ Brasília : MME : EPE, 2007. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/Plano+Nacional+de+Energia+2030+%28PDF%29/ba957ba9-2439-4b28-ade5-60cf94612092;jsessionid=892D75CCF7B68DAC2299640553193BEE.srv155 > acessado em 12/03/2019

BURSZTYN, M., BURSZTYN, M. A. Fundamentos de política e gestão ambiental : os caminhos do desenvolvimento sustentável Rio de Janeiro : Garamond, 2012. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/958712/mod_resource/content/3/Fundamentos%20de%20pol%C3%ADtica%20e%20gest%C3%A3o%20ambiental.pdf > acessado em 12/03/2019

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. Comparação Entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte. Estado da Arte da Gaseificação. São Paulo: USP, set. 2002

FIGUEIREDO, F. L. Avaliação de uma unidade autônoma de Produção de energia elétrica composta por sistema de gaseificação concorrente e grupo gerador com capacidade de 50 kva Dissertação (Mestrado) Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU) da Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012 disponível em; < http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/76.pdf > acessado em 11/03/2019

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia In: Química Nova vol.32 no.3 São Paulo 2009 Disponível em: , http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300004 > acessado em 11/03/2019

MACEDO, .I.C. A energia da cana-de-açúcar. Doze estudos sobre a agroindústria da cana- de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia: Unica. 2ª. Ed. 2007

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Outubro/2006 Disponível em: < https://pet-quimica.webnode.com/_files/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf > acessado em 12/03/2019

PECORA, V. Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da usp – estudo de caso (Dissertação) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica /Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração) São Paulo, 2006 Disponível em:< http://143.107.4.241/download/publicacoes/tesevan.pdf> acessado em 12/03/2019

PEREIRA, L. M. Os biocombustíveis no plano nacional de energia e a garantia do direito fundamental ao ambiente equilibrado Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em biocombustíveis da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018 Disponível em: < https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21172/3/Biocombust%C3%ADveisPlanoNacional.pdf> acessado em 12/03/2019

RIBEIRO, R. S.; LIMA,R. D. C. ; PINTO, A. S; VERAS, C. A. G. Gaseificação de Biomassa na Geração de Eletricidade em Pequena Escala In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA. Araxá. Anais. CITENEL. Belo Horizonte: CEMIG, 2007 Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/citenel2007/pdf/it34.pdf > acessado em 12/03/2019

RIO GRANDE DO SUL Secretaria de Minas e Energia/RS (SME/RS) Biomassa e Bioenergia Porto Alegre, 2016 disponível em: < https://minasenergia.rs.gov.br/upload/arquivos/201603/17083210-13-sme-biomassa-e-bioenergia.pdf >acessado em 11/03/2019

ROCHA, Q. N. Gestão de energia de biomassa: Otimização da distribuição geográfica das unidades industriais de geração de energia Monografia(Graduação) Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica Brasília, 2011 disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/3427/1/2011_QuessiadeNoronhaRocha.pdf acessado em 12/03/2019

SILVA, C. R. A.; GARRAFA, M. T. F.; NAVARENHO, P. L.; GADO, R.; YOSHIMA, S. A biomassa como alternativa energética para o brasil Revista Brasileira de Ciências Ambientais – número 2, dezembro, 2005 disponível em: < http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/02-09_artigo_4_artigos83.pdf> acessado em 12/03/2019

SIMIONI , C. A. O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis Tese(Doutorado) Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR Curitiba, 2006 Disponível em: < https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5080/Carlos%20Aberto%20Simioni.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acessado em 11/03/2019

SPECTOR, N.. Manual para a redação de teses, projetos de pesquisa e artigos científicos.. 2. ed. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002

TOMAZ, W. L.; GORDONO, F. S. ; SILVA, F. P. ; CASTRO, M. D. G. ; ESPERIDIÃO, M. COGERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DEAÇÚCAR: estudo de caso múltiplo no setorsucroalcoleiro In: XVII ENGEMA – Encontro Internacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente. São Paulo, 2015 Disponível em:<http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/271.pdf > acessado em 12/03/2019

TORSO, L. F. , MINUTTI, T. S. Análise e Perspectivas Ambientais Referentes às Aplicações da Biomassa como Fonte de Energia Alternativa. Monografia (Graduação) Centro Superior de Educação Tecnológica – CESET Limeira, 2006 Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/lenha2_000g80onxqy02wx5ok00c38ul7hpryaa.pdf > acessado em 11/03/2019

VERGARA, G. P. Caracterização e Avaliação do Potencial Energético dos Resíduos Florestais da Indústria de Papel e Celulose Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2014 Disponível em: <file:///C:/Users/amcpoliveira/Downloads/PenaVergara_Gabriel_M.pdf > acessado em 11/03/2019

VIOLANTE, A. C. Avaliação dos indicadores de sustentabilidade de usinas sucroalcooleiras da região de Sertãozinho, São Paulo, Brasil: estudo de caso Tese (Doutorado) Escola Superior Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2018

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL DO USO DE RESÍDUOS URBANOS NA GERAÇÃO DE BIOMASSA PARA ENERGIA

Camila de Castro Hissi[1], Suelen Fernanda Müller[2], Beatriz Macedo Medeiros[3], Guilherme Schiefferdecker Rocha[4]

[1]*Engenheira Florestal – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pós Graduanda em Energias Renováveis – Centro Universitário Internacional - Uninter, camilahissi@outlook.com*

[2]*Mestranda em Ciência do Solo – Universidade Do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias*

[3]*Mestranda em Ciência do Solo – Universidade Do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias*

[4]*Graduação em Engenharia Geológica – Universidade Federal de Pelotas*

Resumo

A utilização de resíduos urbanos para a geração de biomassa oferece um subsídio para a geração de energia, além de reduzir problemas quanto ao descarte desses resíduos, muitas vezes nocivos ao meio ambiente. A análise bilbiométrica se baseia em métodos estatísticos de mensuração de literatura científica, com a computação dos parâmetros como países, artigos publicados e o intervalo de tempo, a fim de compreender o cenário de expansão global das tecnologias renováveis. É importante na avaliação de diversas premissas, dentre elas por exemplo indicar possíveis países modelos a serem seguidos na atualidade. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise bibliométrica da produção científica mundial acerca da produção de biomassa utilizando resíduos urbanos. Foram utilizadas as bases de dados Web of Science, e Scopus, no intervalo entre 1995 e primeiro trimestre de 2019, empregando-se as palavras chaves "Biomass" e "Urban waste". A amostragem contemplou 428 artigos de 179 revistas. Os gráficos foram elaborados a partir do software R 3.5 e apontaram a Espanha como líder na produção com 103 artigos, seguidos da Itália e China, com 29 e 25 respectivamente. Quanto a evolução no número de publicações, notou-se que o ano de 2017 houve uma grande evolução, partindo de 22 artigos do ano de 2016, para 42, e no ano seguinte (2018) 54 artigos. Observando os dados do primeiro semestre de 2019, estes indicam que será o ano com maior produção científica da história na área. Conclui-se que há uma grande atenção por parte dos pesquisadores nesta área, o que consequentemente indica que podem haver grandes avanços tecnológicos no setor para os próximos anos, afetando positivamente a sociedade e o meio ambiente.

Palavras-chave: Bibliometria. Resíduos Urbanos. Biomassa. Energia.

Introdução

Considerando as fontes tecnológicas energéticas existentes, alternativas e renováveis, Dias e Costa (2013) indicam que a energia provinda da biomassa é a única capaz de ser implementada em processos modernos com alta eficiência tecnológica, além de ser adaptável o suficiente para a produção de energia elétrica englobando o setor de transportes.

A biomassa tende a apresentar diversos benefícios em termos de aproveitamento de material descartado. Segundo Fairley (2015) esta utilização apresenta ainda a vantagem de não sofrer com a variabilidade do tempo pela menor sensibilidade quanto às questões climáticas dentre as outras fontes renováveis.A alternativa da biomassa de resíduos sólidos além de oferecer um subsídio para a produção de energia e, também proporciona soluções para problemas relacionados ao descarte destes resíduos, sendo assim uma opção de gestão relacionada a resolução desta problemática, que vem despertando atenção a nível mundial pelo crescimento da população global (SOUZA et. al, 2015).

Para desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação é de grande importância a utilização de dados que expressem diversos parâmetros distintos para pesquisas em diferentes setores. Além disso, são estes parâmetros que demonstram ao governo por exemplo, a necessidade de se investir e desenvolver programas relacionados aos três pilares supracitados (MUGNAINI et. al, 2004).

A cienciometria é responsável por avaliar o desenvolvimento, o estímulo e a evolução de determinado assunto (expresso quantitativamente) e o impacto da ciência sobre a sociedade (PRICE, 1963). Estes indicadores podem ser bibliométricos, e são responsáveis por gerar parâmetros de cunho quantitativo a partir de produções bibliográficas pré-existentes (MUGNANI, 2004). Os indicadores de desempenho bibliométricos são úteis para avaliar a pesquisa acadêmica, bem como orientar rumos e estratégias de financiamentos de pesquisas (LEITE; FILHO, 2006)

A continuidade da ascensão tecnológica empregada para utilização de biomassa com fins energéticos, demanda pesquisa e desenvolvimento, sendo assim, são de crucial importância os estudos científicos que fundamentem posteriores tomadas de decisões de gestão pública e empresarial. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi realizar a análise bibliométrica da produção científica mundial acerca do desenvolvimento científico de produção de biomassa utilizando resíduos urbanos.

Metodologia

A coleta de dados (artigos) para a análise bibliométrica foi realizada se utilizando do banco de dados das bases *Web of Science* e *Scopus,* estes escolhidos por representarem bancos confiaveis por suas metodologias de revisão e análise dos artigos implementados pelos mesmos. Foram utilizadas as palavras chave como "*biomass"* e "*urban wast"* com operador boleano *"AND"*.

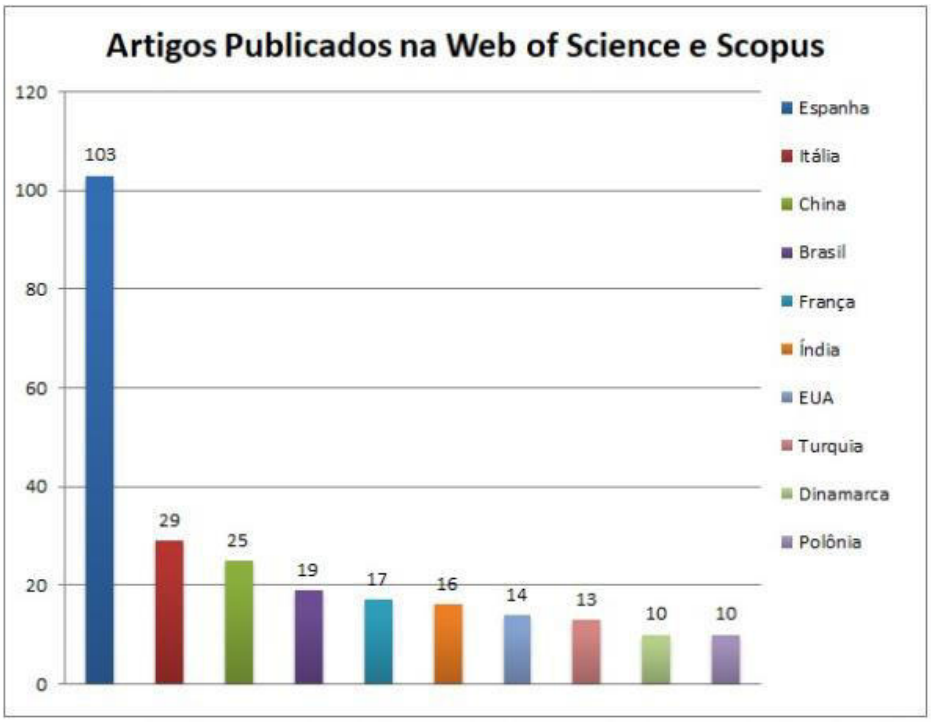
Implementou-se, então, o *software R* estatístico na versão 2.3.0 para a integração dos artigos e filtragem dos países e suas respectivas publicações, resultando em duas análises gráficas.

Os países e as suas respectivas publicações de artigos e a evolução geral das publicações sobre a produção científica de produção de biomassa utilizando resíduos orgânicos.

Resultados e discussões

A partir da metodologia empregada no vigente trabalho, foi possível a geração de um gráfico de publicações de artigos desenvolvidos no ramo do assunto em questão, destacando-se os 10 primeiros países conforme aponta a Figura 1:

Figura 1: Países com maiores participações literárias publicadas em banco de dados revisados.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa, 2019

Dentre os três primeiros colocados encontra-se Espanha, Itália e China, dos quais são analisados com enfoque, neste item.

Ações como aplicadas pela Espanha são importantes para sua liderança, a exemplo já no ano de 2010 que tomou medidas que foram importantes para sua desenvoltura neste âmbito, tal como introdução do Instituto de Diversificação e Economia Energética, decreto real que torna as concessonárias obrigadas a ofertar enegia renovável a preço menor, ajuste de incentives e Plano para Promoção de Energias Renováveis na Espanha (FURTADO, 2010).

O Protocolo de Quioto permite que países desenvolvidos realizem o mercado de crédito de carbono, contribuindo por exemplo com o investimento em projetos que apliquem tecnologia

de redução de emissão de Gases de Efeito Estufa, os projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) (BACEN, 2006).

A empresa italiana Asja investe em soluções energéticas verdes, a exemplo do projeto de uso biomassa no contrato assinado para exploração dos resíduos do Aterro Sanitário de João Pessoa localizado em Pernambuco, com potencial de geração estimado em 30.000 megawatts por ano, dentre outras. Além deste projeto, há outros também aplicados em cidades do estado de Minas Gerais, por exemplo (ASJA, 2019).

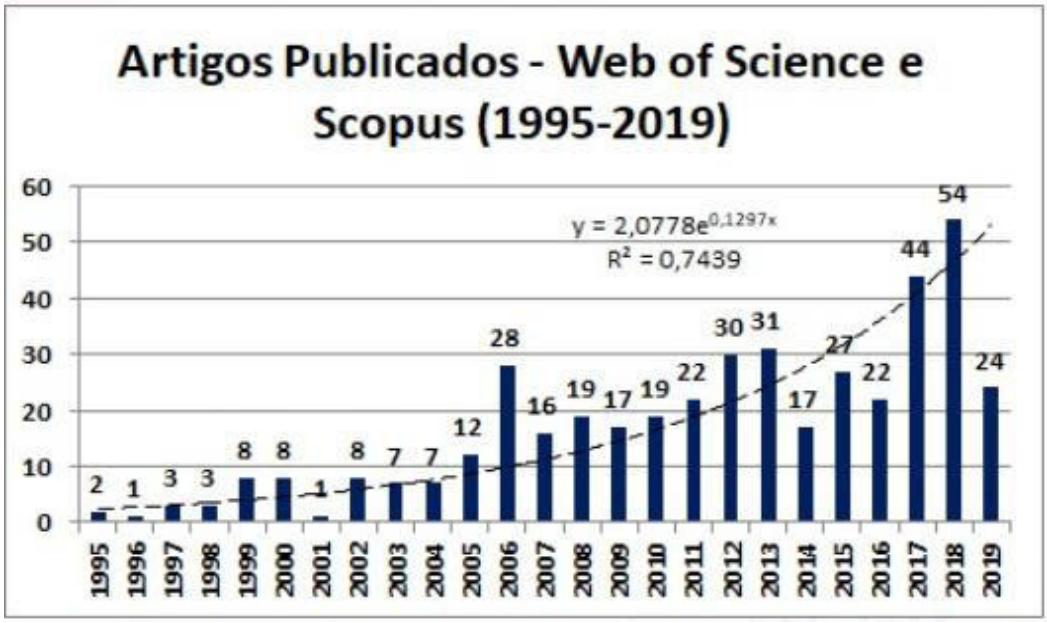
Em terceiro lugar está a China, com 25 publicações. Na atualidade o país foca no desenvolvimento solar e eólico, mas tende a ter ampla capacidade de desenvolver o setor de biomassa provinda de resíduos urbanos considerando a persistência de sua cultura, visão de futuro e investimento em tecnologia. Dados publicados no "*Bloomberg News Energy Finance"* informam que só no ano de 2017 a China investiu 133 bilhões de dólares em energias renováveis (BLOOMBERG, 2018).

Vale citar que a China apresenta estratégias de ação, tais como concessão de incentivo as estatais; investir em *up stream;* e concessão de créditos (CARTABRASILCHINA, 2017).

A fim de associar o investimento em energias renováveis e a produção científica, é pertitente considerar alguns dos aspectos que influenciam os resultados encontrados neste trabalho. Os países que investem em tecnologia, tendem a ser os que possuem mais crescimento e produtividade (VICENTE&LOPES, 2015). Conjuntamente, relações como tamanho do país e número de habitantes são relevantes para os dados encontrados. A presença das universidades também é relevante no contexto, e como sugerido por Castells (1999), é capaz de nutrir o processo de transferencia tecnológica (com geração de base de dados, a exemplo deste trabalho). Assim como as políticas públicas, que podem influenciar a evolução da ciência e inovação (ROCHA&FERREIRA, 2004).

O avanço de publicações a nível mundial atingiu níveis elevados em 2018 e continua em ascensão de acordo com a previsão de tendência para 2019 (Figura 2). Considerando que 2019 já apresenta quase 50% de publicações em relação ao ano anterior no primeiro trimestre, tende a ultrapassar as marcas dos anos anteriores conforme a Figura 2 a seguir:

Figura 2: Evolução das publicações de artigos científicos sobre a utilização de resíduos urbanos para a produção de biomassa



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa, 2019

As razões para este avanço são diversas e particulares a cada país, e podem estar relacionadas a diversos fatores como conscientização ambiental, mercado de Créditos de Carbono, certificação ambiental, cultura, legislação, educação ambiental, financiamentos, incentivo a pesquisa, dentre outros.

Conclusão

Dado o exposto deste trabalho, pode-se concluir que a Espanha lidera as publicações de geração de energia através aplicação de resíduos urbanos como matéria em forma de biomassa. Houve um aumento significativo dos últimos dois anos de publicações na área, indicando grandes avanços da área de produção de biomassa utilizando resíduos urbanos, e o ano 2019 tende a ser o ano com a maior notoriedade científica da história.

Há de se considerar que a utilização de resíduos sólidos para a produção de biomassa de fato vem recebendo maior atenção, o que afeta positivamente a sociedade e o meio ambiente. O objetivo de gerar energia a partir de resíduos urbanos ainda é uma realidade nova, e deve ser estabelecida na educação da sociedade para que primeiramente tenham ciência da sua importância e possam contribuir ao segmento.

Referências

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Boletim Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro*. Ano 1, nº3, 2006.

BLOOBERG. *Clean Energy Investiment Trends, 2018. Clean energy investment exceeds $300 bilion once agains in 2018*. Disponível em: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Clean-Energy-Investment-Trends-2018.pdf>.

CARDOSO, B. M. *Uso da Biomassa como Alternativa Energetica. Tese (Doutorado)* — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012, pp. 1-13.

CARDOSO, B. M. *Uso da Biomassa como Alternativa Energetica. Tese (Doutorado)* — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 .

CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede. Volume I. Atualização para sexta edição*: Jussara Simões. Editora Paz e Terra.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASIL-CHINA. *Perspectivas para a China no setor Energético. Edição 18, 2017*. Disponível em:< http://cebc.org.br/sites/default/files/cartabrasilchina_ed18_.pdf>.

DIAS, G.V.S. COSTA, P.N. *Estudo de geração distribuída a partir da biomassa de resíduos sólidos urbanos em Smart Grid.* 2013. Tese (Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

EMPRESA ASJA. *João pessoa: uma nova planta de biogás da Asja no Brasil. 2019*. Disponível em:< https://www.asja.energy/pt-br/noticias/joao-pessoa-uma-nova-planta-de-biogas-da-asja-no-brasil/>.

FAIRLEY, P. *A Pumped Hydro Energy-Storage Renaissance. 2015a. IEEE Spectrum*. Disponível em: . Acesso em: 28 de Maio de 2019.

FAIRLEY, P. *A Pumped Hydro Energy-Storage Renaissance. 2015a. IEEE Spectrum.* Disponível em: . Acesso em: 28 de Maio de 2019.

FILHO, G.A.L. *Padrões de produtividade de autores em periódicos e congressos na área de contabilidade no Brasil: um estudo bibliométrico*. In: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 6., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: FEA/USP, 2006. CDROM.

FILHO, G.A.L. *Padrões de produtividade de autores em periódicos e congressos na área de contabilidade no Brasil: um estudo bibliométrico*. In: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 6., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: FEA/USP, 2006.

FURTADO, M.C. *Avaliação das oportunidades de comercialização de novas fontes de energias renováveis no Brasil.* Tese de Mestrado (Mestre em Engenharia) Universidade de São Paulo– São Paulo, 2010.

MARQUES, A.L.M. *Utilização Energética da Biomassa em Portugal. Caso de estudo da Tratolixo. Tese de Mestrado (Engenharia e Gestão Industrial)* – Técnico Lisboa, Lisboa, Portugal, 2015.

MUGNANI, R. JANUZZI, M. QUONIAM, L. *Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. Ci Inf., Brasília*, v. 33, n. 2, p. 123-131, maio/ago. 2004.

ROCHA, E. M. P. FERREIRA, M. A. T. *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação: mensuração dos sistemas de CTeI nos estados brasileiros. Brasília* : Ciência da Informação, v.33, 2004.

SOUZA, O. T. CHAVES, I.R. ALVIM, A.M. *Reciclagem de resíduos sólidos como possibilidades para geração de benefícios sociais, econômicos e ambientais.* Revista Grifos, N. 38/39-2015.

VICENTE, R.H.F. LOPES, P.L. *A importância de investimentos em inovação tecnológica como fator chave para o desenvolvimento economico*. Simpósio de Excelencia e Desenvolvimento. 2015.

Análise da pirólise da madeira de *Eucalyptus*: vapores pirolíticos da micropirólise e o bio-óleo da pirólise rápida

Felipe Thalles Moreira Silva[1], Anderson Lima de Menezes[1], Carlos Henrique Ataíde[1]

[1] *Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, felipe.thalles@hotmail.com.*

Resumo

Diante da necessidade de utilização de fontes renováveis para geração de energia e produtos químicos, o presente trabalho visa analisar a composição dos produtos da biomassa de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis via pirólise analítica, promissora alternativa energética, e processar essa biomassa através da pirólise rápida para obtenção de bio-óleo, bio-carvão e bio-gás. A madeira foi transformada em pequenos cavacos, em seguida, foi triturada em um moinho de facas. A serragem obtida foi peneirada e classificada, tendo sido empregada aquela com granulometria de 40 – 60 mesh. O processo de pirólise rápida ocorreu em reator de leito fluidizado a 550ºC de modo a caracterizar os produtos obtidos. Realizou-se também a pirólise analítica (micropirólise) para investigação e compreensão das características dos vapores pirolíticos gerados. Os testes de micropirólise foram realizados a 380ºC, 430ºC e 480ºC. Todos os experimentos foram realizados em triplicata. O objetivo específico neste contexto é identificar, por meio de um micropirolisador comercial, a composição dos vapores gerados na pirólise analítica da espécie Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis, bem como determinar a composição do bio-óleo produzido em uma unidade experimental, em um reator de leito fluidizado de pirólise rápida. Os rendimentos médios dos produtos da pirólise rápida foram: 25,2% de bio-óleo, 15,5% de char e 59,3% de gases não condensáveis. Os principais componentes do bio-óleo que foram identificados no GC/MS (Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas) são os compostos aldeídicos e fenólicos. Os vapores pirolíticos apresentaram, com o incremento da temperatura, um aumento na formação de fenóis, cetonas, éteres, álcoois e uma redução de ésteres e aldeídos. Os ácidos orgânicos não tiveram uma tendência, embora tenham sido os compostos encontrados majoritariamente no bio-óleo. Desta forma, o bio-óleo pode ser empregado como fonte alternativa de produtos químicos de valor agregado para diversas aplicações.

Palavras-chave. Biomassa. Pirólise. Energia. Bio-óleo.

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE BIOMASSA PARA CONSUMIDORES RURAIS CONSIDERANDO A TARIFA BRANCA

Valéria Braida 1[1], Felix Alberto Farret 2[2]

[1]*Estudante de Pós Graduação (Mestrado) em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, e-mail: valeria_braida@hotmail.com*

[2]*PhD em Engenharia Elétrica pela Universidade de Londres. Atualmente é professor titular no Departamento de Processamento de Energia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)*

Resumo

O consumo de energia elétrica tem aumentado acentuadamente nestes últimos anos. No Brasil surgem questões relacionadas a uma forma de suprimento desse consumo que seja capaz de reduzir os impactos no meio ambiente. Buscando estimular o uso eficiente de energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu uma nova modalidade tarifária aos consumidores de Baixa Tensão (BT), a Tarifa Branca. Nesta perspectiva, este artigo apresenta um estudo de viabilidade econômica da inserção de microgeração de energia elétrica proveniente da biomassa da bovinocultura para consumidores rurais considerando para isso a Tarifa Branca. Foi utilizado como ferramenta de simulação o software Hybrid Optimization Model for Eletric Renewables (HOMER) para diferentes perfis de carga. Os resultados mostraram que a Tarifa Branca em conjunto com a microgeração torna-se vantajosa frente à tarifa convencional sem a inserção de microgeração. Além disso, as simulações mostraram que ao aderir a Tarifa Branca em conjunto com a microgeração, o consumidor não necessita modificar seus hábitos de consumo para horários em que a Tarifa Branca é mais barata.

Palavras-chave. Biomassa. Consumidores Rurais. Tarifa Branca. Viabilidade Econômica.

Introdução

A disseminação de tecnologias para produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis tem conquistado maior destaque nestes últimos anos devido à crescente demanda de energia e motivada, principalmente, pela necessidade de redução dos gases causadores de impactos ambientais. Por este motivo, os resíduos de origem animal representam grande potencial para a produção de biomassa que pode ser utilizada como matéria-prima para obtenção de energia elétrica sendo favorável, tanto por questões econômicas, quanto ambientais, pois reduz a dependência dos combustíveis fósseis diretamente relacionados à poluição atmosférica (CALZA et al., 2015). Outro aspecto importante relacionado à biomassa é o aproveitamento da energia contida nos dejetos de animais. De acordo com Farret (2014), além da produção de energia elétrica, as sobras de resíduos podem ser utilizadas para obtenção de biofertilizantes,

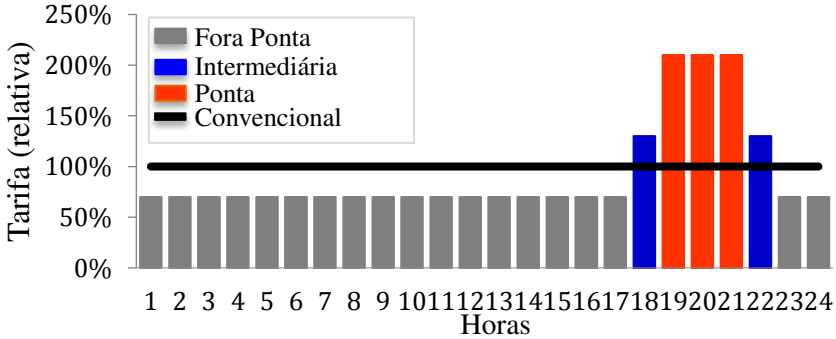
material orgânico e sustentável, que processado em biodigestores pode ser utilizado como adubo.

Nesse sentido, muitos países vêm implantando ações para a redução do uso de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, incluindo estímulos governamentais para geração distribuída (GD) a partir de fontes renováveis de energia (BERGEK; MIGNON, 2017).

Atualmente no Brasil, as condições para o acesso à micro e minigeração distribuída são regulamentadas pela ANEEL através da Resolução Normativa (RN) nº 687 de 2016, que objetiva facilitar o acesso à micro e minigeração distribuída (ANEEL, 2015b). Com isso, o aumento da inserção de fontes de GD ocasiona um fluxo bidirecional de informações e de energia para os quais o sistema elétrico deverá estar preparado, tornando-se um sistema inteligente, denominado como Smart Grid (HEFFNER, 2011).

Assim, uma das primeiras medidas adotadas pela ANEEL para explorar este novo conceito de rede foi a aplicação da Tarifa Branca, destinada aos consumidores de BT (ANEEL, 2016). Diferentemente da tarifa convencional que se caracteriza por ser uma tarifa monômia, a Tarifa Branca é um modelo de precificação por Tempo de Uso (TOU), composta por três postos tarifários: ponta, intermediário e fora ponta (ANEEL, 2010). Em vigor desde janeiro de 2018 (ANEEL, 2016), seu objetivo principal é estimular a gestão do consumo de energia elétrica pelo consumidor para horários fora ponta quando o carregamento do sistema de distribuição é menor (ANEEL, 2015a). Com isto, otimiza-se o uso da rede de distribuição, minimiza-se a necessidade de expansão de rede e de investimentos pela distribuidora, refletindo-se em tarifas mais baixas (FERREIRA et al., 2015; BUENO; UTUBEY; HOSTT, 2013). Na Figura 1 mostra-se um comparativo dos valores em porcentagem entre a tarifa convencional e a Tarifa Branca (ANEEL, 2015a).

Figura 1. Comparação das Tarifas Convencional e Branca



Fonte: Adaptado de ANEEL (2015a).

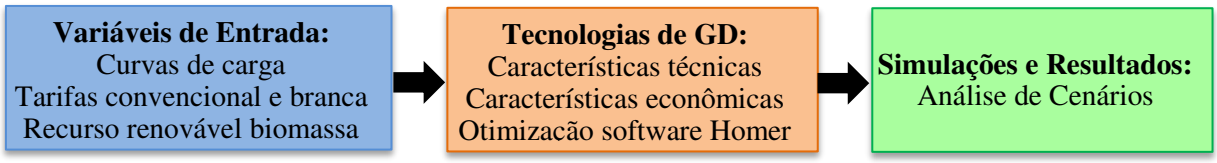
A proposta deste artigo é realizar uma análise da viabilidade econômica quanto a adesão à Tarifa Branca em conjunto com a microgeração proveniente da biomassa da bovinocultura, pelos consumidores rurais, sem que estes necessitem modificar e gerenciar seus hábitos de consumo. Para isso a utilização da GD é priorizada nos horários onde a Tarifa Branca é mais cara, de modo que a rede de energia elétrica seja utilizada durante o horário fora ponta, no qual o custo da Tarifa Branca é menor. Para realizar as modelagens e simulações foi utilizado

o *software* Hybrid Optimization Model for Eletric Renewables (HOMER), considerando diferentes perfis de carga de consumidores rurais, a Tarifa Branca e a tarifa convencional.

Material e Métodos

Para as simulações foram coletadas amostras reais de perfis de carga de consumidores rurais. Os dados foram obtidos por uma distribuidora do Sul do Brasil. A metodologia é composta por três etapas representadas na Figura 2. A etapa 1 corresponde aos valores de entrada representados pelas curvas de carga em diferentes faixas de consumo, as tarifas convencional e branca e o recurso renovável da biomassa. A etapa 2 corresponde as características técnicas e econômicas relacionadas às tecnologias de microgeração a partir da biomassa, enquanto que a etapa 3 refere-se aos resultados obtidos com a aplicação dos cenários.

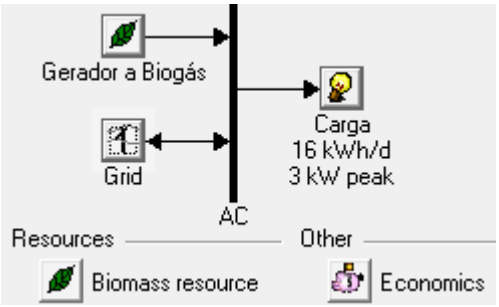
Figura 2. Etapas da Metodologia Proposta



Fonte: Autor, 2019.

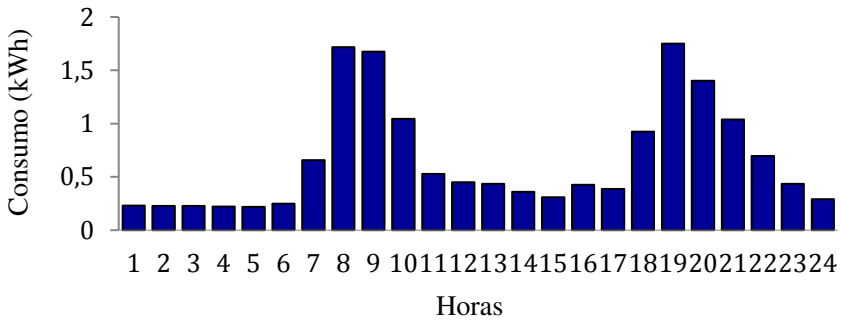
Para a implementação da metodologia utilizou-se o *software* HOMER, que possibilita a avaliação do desempenho de uma rede elétrica considerando a inserção da microgeração de energia de biomassa. O modelo proposto está representado na Figura 3, enquanto que na Figura 4 está representada a curva de carga do sistema em estudo.

Figura 3. Diagrama do Sistema Modelado no *Software* Homer



Fonte: Autor, 2019.

Figura 4. Carga para a classe acima de 1000 kWh



Fonte: Adaptado de distribuidora do Sul do Brasil, 2019.

O modelo aqui proposto foi submetido a três diferentes cenários conforme a Tabela 1. De acordo com Farret (2014), cada bovino produz 10 kg de dejetos por dia e 1 kg de dejeto produz 0,04 m³ de biogás. A partir do volume de biogás determinado, é possível definir o potencial de geração de energia elétrica sendo que 1 m³ de biogás é equivalente a 1,428 kWh (FARRET, 2014).

Tabela 1. Elaboração dos cenários

Faixas de consumo (kWh)	Consumo mensal (kWh/mês)	Quantidade de bovinos	Volume de biogás gerado (m³/dia)	Energia gerada através do biogás (kWh/mês)
201-500	480	50	20	856,8
501-1000	850	100	40	1.713,6
Acima de 1000	1.750	200	80	3.427,2

Fonte: Autor, 2019.

Para as simulações foram consideradas as taxas de 2,5% ao ano e a duração do projeto de 10 anos, conforme valores aplicados pelo Programa Nacional de Agroenergia, ofertado através do Banco do Brasil. Os parâmetros são mostrados na Tabela 2. Através desses valores o *software* realiza a otimização, buscando a solução que seja capaz de suprir a demanda ao menor custo (NREL, 2016).

Tabela 2. Custos de instalação do gerador a biogás modelado no *software* Homer

Quantidade de geradores (kW)	Capital (R$/kW) gerador	Substituição do gerador (R$)	Operação e Manutenção (R$/ano)	Vida útil (horas)	Potência do gerador (kW)			
1	1.910,21	19.102,13	0,5	87.600	0	4	10	20

Fonte: Autor, 2019.

Resultados e discussão

Através dos perfis de carga e dos cenários da Tabela 1 foram realizadas as simulações operacionais, utilizando a Tarifa Branca e a tarifa convencional. Foi considerada a opção da Tarifa Branca com a inserção de microgeração proveniente da biomassa da bovinocultura sem modificar a curva de carga dos consumidores rurais. Os resultados de cada simulação são apresentados na Tabela 3.

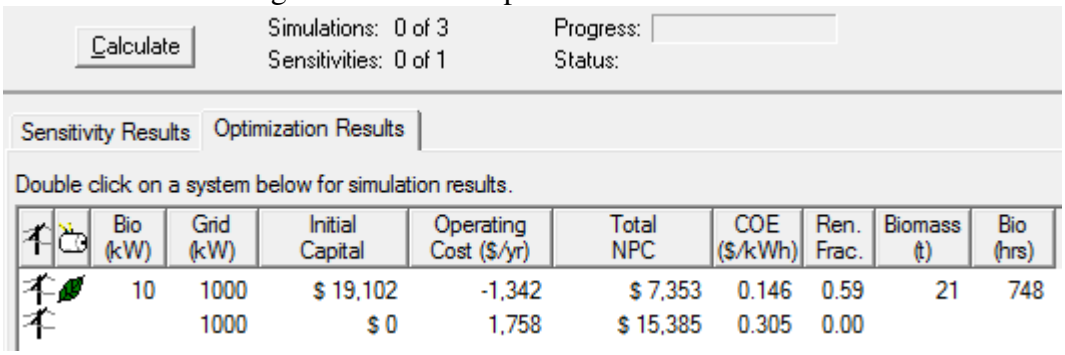
Tabela 3. Resultados dos cenários analisados

Cenários	Faixas de Consumo (kWh)	Resultado tarifa convencional sem GD (biogás)	Resultado tarifa branca considerando uso de GD (biogás)
1	201-500	R$ 5.601,00	GD 4 kW (R$ 4.120,00)
2	501-1000	R$ 9.769,00	GD 4 kW (R$ 4.870,00)
3	Acima de 1000	R$ 16.062,00	GD 10 kW (R$7.353,00)

Fonte: Autor, 2019.

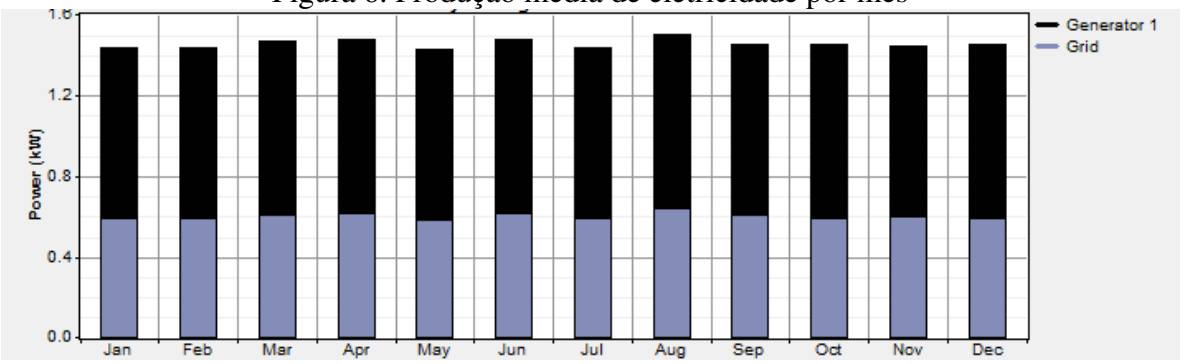
As simulações mostraram que para os três cenários analisados a adesão à Tarifa Branca em conjunto com a microgeração proveniente da biomassa da bovinocultura torna-se vantajosa frente à tarifa convencional sem o uso de GD. Os resultados revelam que mesmo sem o consumidor modificar seus hábitos de consumo, reduzindo-o nos horários ponta e intermediário que são os períodos em que a Tarifa Branca torna-se mais cara, houve uma economia frente à tarifa convencional de 35,96% para o Cenário 1; 100,6% para o Cenário 2 e 118,44% para o Cenário 3. Entretanto, para cada Cenário há um custo inicial para adesão a microgeração, sendo de R$ 7.641,00 para o Cenário 1 e 2 e R$ 19.102,00 para o Cenário 3. Esse investimento inicial refere-se a aquisição do gerador. Nas Figuras 5 e 6 é possível verificar os resultados das simulações obtidas para o Cenário 3 considerando a Tarifa Branca.

Figura 5. Resultado para a tarifa branca +GD



Fonte: Autor, 2019.

Figura 6. Produção média de eletricidade por mês



Fonte: Autor, 2019.

Na Figura 6 está sendo apresentada a produção média de eletricidade por mês para o Cenário 3, considerando a Tarifa Branca em conjunto com a microgeração e faixa de consumo acima de 1000 kWh. Através da figura verifica-se que quanto maior for a produção de biogás, menor será utilizado a energia da rede elétrica.

Conclusões

A ANEEL regulamentou a Tarifa Branca para os consumidores de BT com objetivo de aliviar o sistema elétrico nos horários em que este é mais demandado, para que assim não haja a necessidade de investimentos na rede de distribuição. No entanto, o maior desafio da utilização da Tarifa Branca é fazer com que o consumidor gerencie seus hábitos de consumo, visto que há uma grande necessidade em fazer uso da energia elétrica durante o período de ponta do sistema. Assim, uma alternativa aos consumidores rurais é utilizar a Tarifa Branca em conjunto com a GD. Desse modo, o consumidor obtém redução nos custos de energia elétrica, não necessita modificar seus hábitos de consumo e ainda beneficia o sistema elétrico através da postergação de investimentos em expansão do sistema de distribuição.

As simulações mostraram que a Tarifa Branca pode ser mais vantajosa em relação à tarifa convencional, quando utilizada em conjunto com a microgeração distribuída, que nesse estudo foi proveniente da biomassa da bovinocultura. Além do mais é importante ressaltar que a mudança dos parâmetros utilizados nas simulações, como por exemplo, os valores utilizados das tarifas convencional e a branca, podem influenciar diretamente no resultado final das simulações e resultados. Para este estudo considerou os valores das tarifas da Cooperativa Regional de Energia e Desenvolvimento Ijuí Ltda (Ceriluz), mas as análises podem ser realizadas com tarifas de outras concessionárias, outras regiões e até mesmo outras taxas de juros e vida útil do projeto.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica (2016) Resolução Normativa nº 733. Estabelece as Condições para a Aplicação da Modalidade Tarifária Branca. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016733.pdf. Acesso em: 08/01/2019.

Agência Nacional de Energia Elétrica (2015a) Tarifa Branca. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca. Acesso em: 09/01/2019.

Agência Nacional de Energia Elétrica (2015b) Resolução Normativa nº 687. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf. Acesso em: 10/01/2019.

Agência Nacional de Energia Elétrica (2010) Resolução Normativa nº 414. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf. Acesso em: 08/01/2019.

BERGEK, A.; MIGNON, I. (2017) Motives to adopt renewable electricity technologies: Evidence from Sweden. *Energy Policy, V. 106, pp. 547-559.*

BUENO, E. A. B.; UTUBEY, W. HOSTT, R. R. (2013) Evaluating the Effect of the White Tariff on a Distribution Expansion Project in Brazil. *IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America).*

CALZA, L. F. et al. (2015) Avaliação dos Custos de Implantação de Biodigestores e da Energia Produzida pelo Biogás. *Engenharia Agrícola, V. 35, Nº 6, pp. 990-997, ISSN 0100-6916.*

FARRET, F. A. (2014) Microcentrais a Biogás. Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia Elétrica. 3ª ed. Editora UFSM, pp. 1-244.

FERREIRA, R. S.; BARROSO, L. A.; LINO, P. R.; CARVALHO, M. M.; VALENZUELA, P. (2015) Time-of-Use Tariff Design Under Uncertainty in Price-Elasticities of Electricity Demand: A Stochastic Optimization Approach. *IEEE Transactions on Smart Grid, V. 4, Nº 4, pp. 2285-2295.*

HEFFNER, G.; (2011) Smart Grid - Smart Customer Policy Needs. *Workshop Report: Energy Efficiency Working Party.*

National Renewable Energy Laboratory. (2016) HOMER Energy User Manual. Colorado, EUA, 2016.

Análise de gêiseres formados na combustão do caroço do açaí (*Euterpe oleracea*) como fonte de energia térmica

Jordan Magalhães Gouveia[1], Rafael Ávila Moraes[2.]

[1]*Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica - Universidade Federal do Pará, jordangouveia27@gmail.com*

[2]*Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica - Universidade Federal do Pará*

Resumo

O açaí (Euterpe oleracea) é um fruto nativo da região amazônica, pertencente à cultura desta e amplamente utilizado na gastronomia devido o seu sabor, seu alto potencial energético e nutricional. Embora a região norte seja uma das maiores produtoras do fruto, a exportação do mesmo se estende por todo o território nacional sendo conhecido até internacionalmente. Considerando 100% do fruto, apenas 20% é composto da polpa, esta que é utilizada para fins alimentícios; sendo os 80% restantes constituído pelo caroço que é a sua biomassa principal que, em sua maioria, é descartada. No entanto foram encontradas formas de aproveitamento integral do fruto sendo uma delas na produção de energia através da combustão do caroço que, quando comparado aos combustíveis fosseis, apresentam potencial calorífico em média de 4.505 Kcal/kg (SILVA et al, 2004), além de ser uma alternativa sustentável, emitem menos gases poluentes ao meio ambiente quando utilizados como carvão vegetal. Foram realizados experimentos com amostras de caroços de açaí, no qual foram submetidas ao processo de combustão para analise do seu potencial calorífico. No entanto verificou-se que em dado tempo existia a formação de 'gêiseres' provenientes da estrutura interna do material que conduzia a chama em múltiplas direções. Desta forma, foram analisadas as propriedades físicas do caroço, os tempos de ativação dos gêiseres, bem como, o tempo total do fenômeno e a transformação da matéria- prima em carvão vegetal. Com dez amostras de caroço do açaí, possuindo em media um volume de 0,52 cm³ cada, em processo inicial de queima, observou-se que o tempo de ativação dos gêiseres foi de 16,64 segundos capazes de redirecionar a chama as quais foram submetidas a uma distância de até 4 cm, diminuindo sua intensidade ao longo do tempo, cessando o fenômeno em 2,26 minutos. Com o material ainda sob influência de alta temperatura, transcorridos em média 6,10 minutos, ocorreu a transformação da biomassa em carvão vegetal. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que além das características calorificas provenientes da queima do caroço do açaí, a matéria-prima possui uma fonte de energia interna que intensifica a combustão e conduz calor de acordo com os gêiseres provenientes desta queima; sendo uma alternativa econômica, eficaz e sustentável na produção de energia térmica.

Palavras-chave. Caroço, Açaí, Combustão, Gêiseres, Energia

Análise de Produção de Energia Elétrica via Biomassa Residual de Serraria

Elias Gabriel Magalhães Silva[1], Michael Oliveira Resende[2], Giovana Franco Valadão[3], Rodrigo Sequinel[4]

[1]*Mestrando em Bioenergia - Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR, eliassilva@ufpr.br*

[2]*Professor do Departamento de Eletricidade do IF SUDESTE MG – Campus Juiz De Fora, Juiz de Fora, MG*

[3]*Graduanda em Engenharia Mecatrônica – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, MG*

[4]*Professor do Departamento de Química – Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR*

Resumo

A indústria madeireira desempenha um papel importante no cenário econômico nacional, gerando muitos empregos e renda de forma direta e indireta. O processamento na indústria madeireira gera grande quantidade de resíduos com uma ótima qualidade energética. Portanto, o objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade econômica do uso energético dos resíduos do processamento mecânico da madeira (cavaco e serragem), em uma empresa do setor localizada na cidade de Alfredo Vasconcelos, na zona da mata mineira. Foi feito um levantamento da produção diária de cavacos e serragem, que apresenta mensalmente um volume de 2.980 m³. Através da queima dessa biomassa em fornalhas para a geração de vapor foi estimado que o potencial dos resíduos para geração de energia é de 25.641,44 kWh/mês. Atualmente, a serraria tem um consumo mensal médio de 14.000kWh/mês e um gasto total com energia elétrica no valor de R$10.000,00. Estimou-se então os custos de instalação e operação, chegando a um custo de R$ 0,20/kWh, para o intervalo de 20 anos, para o processo via ciclo Rankine. No cenário atual, os resíduos são vendidos por R$ 20,00 o m³, e em uma futura instalação para a geração de energia elétrica, o valor comercial atual do kWh da Companhia Energética de Minas Gerais, faria com que o valor do m³ do resíduo girasse em torno de R$ 4,60. Ficam evidente duas situações: a primeira é que a energia gerada é mais do que suficiente para manter a serraria, e o excedente gerado poderia ser descontado em outras faturas vide resolução da ANEEL; e a segunda é que para pequenas potências o valor de investimento é alto, o que resulta em um retorno um pouco mais demorado. Destaca-se também que o destino atual dos resíduos é mais rentável do que a aplicação dos mesmos para a geração de energia elétrica. É necessário o desenvolvimento de tecnologias para a geração em pequenas potências, tornando assim a produção de energia com resíduos do setor madeireiro viável e mais eficiente.

Palavras Chave: Eucalipto; Energia da biomassa; Potencial Energético.

Introdução

A demanda por energia é crescente a cada ano devido a diversos fatores. Com isso, cresce também a necessidade de adoção de soluções menos impactantes para o suprimento dessa demanda energética. Tem se estudado e proposto, no campo energético, a geração de eletricidade utilizando fontes renováveis. Uma fonte de energia renovável é aquela que está disponível de forma contínua ao longo do tempo, sendo considerada, portanto, uma fonte inesgotável de recursos energéticos. Destaca-se nesse âmbito a utilização de biomassa como matéria prima para a geração de eletricidade, que ocupa um lugar de destaque entre as fontes renováveis mais importantes geradas no Brasil. No ranking de Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), aponta-se que 8,8% da energia consumida provém da biomassa (Ministério de Minas e Energia, 2018). A biomassa é qualquer tipo de matéria orgânica, seja ela proveniente de produção de proteína animal, agricultura ou do processamento de madeira. Do ponto de vista energético, tem-se que biomassa é qualquer tipo de matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2002).

Tabela 1. Características dos empreendimentos geradores

Origem	Quantidade	Potência (kW)	%
Fóssil	2.439	27.356.033	16,39
Biomassa	559	14.792.529	8,86
Nuclear	2	1.990.000	1,19
Hídrica	1338	107.767.660	64,56
Eólica	549	13.531.139	8,11
Solar	2261	1.487.578	0,89
Undi-Elétrica	1	50	0
Total	7.149	166.924.990	100

Fonte: ANEEL, 2018.

A biomassa de origem florestal é todo e qualquer produto ou subproduto dos recursos florestais. Eles podem ser resíduos deixados para trás na coleta da madeira, como galhos finos e folhas, tanto em florestas e bosques naturais como em reflorestamento, ou podem ser resíduos do processamento da madeira, estes em forma de cavaco, serragem, casca e aparas (CORTEZ et al, 2008; REIS et al, 2017). Segundo dados do IBGE (2016), no Brasil, em 2016, foram extraídos o montante de 48.498.596 m³ de madeira em tora para esse tipo de processamento. Vale destacar que o processamento da madeira é de um rendimento baixo, gerando assim uma quantidade considerável de resíduos, que não são utilizados de forma adequada, podendo resultar em danos ambientais. O Brasil apresenta uma grande extensão de área plantada de árvores para o processamento. A Tabela 2 apresenta a evolução das áreas plantadas com o passar dos anos.

Tabela 2. Evolução da área Plantada (ha)

Espécie Florestal	2014	2015	2016
Eucalipto	6.952.509	7.444.625	7.543.707
Pinus	2.049.234	2.065.560	2.079.162
Outras Espécies	364.998	427.762	400.207
Total	9.366.741	9.937.947	10.023.076

Fonte: SNIF, 2017.

Tendo em vista o grande volume de madeira processada no Brasil, e a evolução de área plantada, o presente estudo objetivou-se em apresentar o potencial energético dos resíduos gerados em uma serraria que processa madeira para a produção de paletes.

Material e Métodos

Foi realizado um estudo de caso em parceria com a Serraria Vasconcelos (Alfredo Vasconcelos, Minas Gerais), empresa produtora de paletes que tem como principais resíduos o cavaco e a serragem. Foram coletados dados para o cálculo do retorno financeiro da produção de energia a partir dos resíduos, sendo eles: o tipo de madeira utilizada, a quantidade de resíduo gerada, horário de funcionamento da fábrica, o consumo de energia elétrica e o destino atual dos resíduos. Para calcular o potencial de produção de energia elétrica foi utilizada a Equação 1 proposta Reis et al (2017).

$$P\left(\frac{kWh}{ano}\right) = \frac{T_{resíduo} \times PCU \times \rho \times \eta}{2112 \times 860}$$

Em que o $T_{resíduo}$ é a quantidade de resíduo produzida em m³, PCU é o poder calorífico útil, η é a eficiência de conversão, ρ é a densidade do resíduo, 2112 são as horas anuais de produção de biomassa, 1/860 é a conversão de kcal.kg^{-1} para kWh.kg^{-1} .

A receita que resulta da implantação do projeto será através da injeção do excedente de geração na rede. A análise econômica realizada se baseia em valores encontrados em literatura.

Considera-se que para usinas termelétricas os investimentos inicias giram em torno de R$6.000.000,00 por MW até o potencial de 1 MW médio gerado. Para os custos operacionais levou-se em conta a necessidade de um funcionário trabalhando em uma jornada de 44 horas semanais e tendo direito a um salário mínimo. Para a manutenção dos equipamentos estima-se um gasto de 1,5% do investimento inicial por ano. Os custos em relação a imobilização de capital e a depreciação dos equipamentos giram em torno de 3,3% do capital inicial investido ao ano. Estima-se que o tempo de vida útil dos equipamentos é de 20 anos (ANEEL, 1999).

Resultados e discussão

Foi feita pesquisa bibliográfica para a obtenção dos parâmetros poder calorífico, densidade do cavaco e da serragem de eucalipto e rendimento da conversão dos resíduos para energia elétrica. De acordo com Brand *et al.* (2005), o PCU e ρ do cavaco são, respectivamente, 1777 kcal/kg e 377 kg/m³, enquanto que, para a serragem, são 2193 kcal/kg e 246 kg/m³. Segundo dados da administração da empresa, produz-se 1200 m³ de cavaco e 1780 m³ de serragem por mês. Além disso, foi informado que a fábrica funciona 44 horas por semana. É considerado que a produção de resíduo é constante ao logo do ano e que a geração de energia funcionaria no mesmo horário que a fábrica.

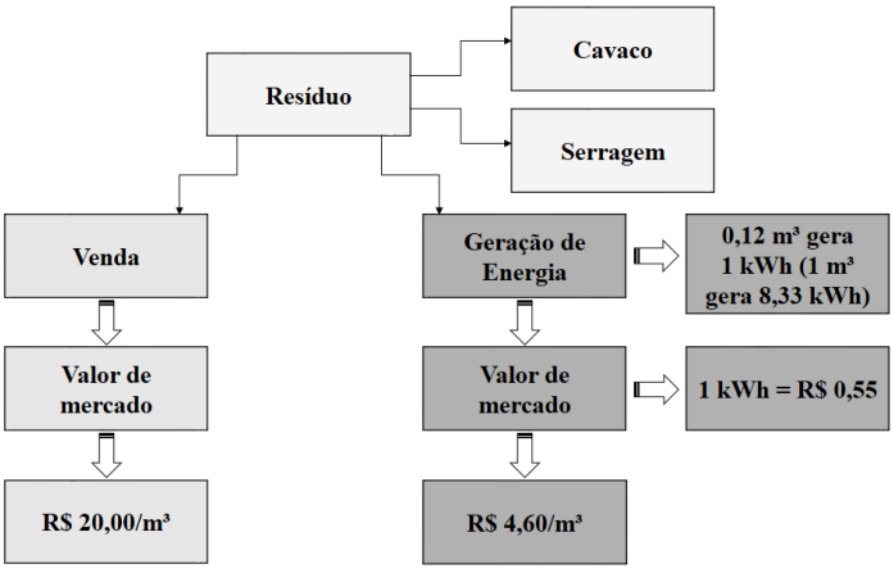
De acordo com Reis *et al.* (2017), a eficiência da conversão para potenciais entre 200 kW/ano e 10 MW/ano é de 15%, resultando em uma geração de 145,69 kW/ano, sendo 66,39 kW/ano referentes ao cavaco e 79,30 kW/ano à serragem. Considerando que a serraria irá produzir energia durante 2.112 horas no ano, a produção de energia total é de 25.641,44 kWh/mês. Foi informado que a madeireira atualmente consome em média 14.000 kWh/mês, o que deixa claro que o potencial gerado seria mais do que suficiente para suprir a demanda energética da fábrica. Além disso, o excedente poderia ser descontado em faturas adicionais, vide legislação vigente 482 da ANEEL (ANEEL, 2012), com atualizações feitas pela resolução normativa 687 (ANEEL, 2015).

O processo escolhido para a geração de energia elétrica foi o ciclo Rankine com geração de vapor para a alimentação de uma turbina em um sistema convencional de pequeno porte.

Como o potencial de geração é de 145,69 kW, os Custos Fixos Totais girariam em torno de R$ 874.140,00 para a aquisição de equipamentos e a realização de obras civis. O Custo Operacional para a geração de eletricidade neste modelo é relacionado aos gastos com mão-de-obra e manutenção dos equipamentos. Para o modelo de geração proposto e tendo em vista a quantidade de horas de operação, as contas foram feitas com a alocação de apenas um funcionário para a execução das tarefas, o qual receberá um salário mínimo no valor de R$ 954,00 por mês, acrescido de 60% referente aos custos com pagamentos de tributos, além do 13° salário. Portanto, ao ano, o custo operacional relacionado a mão-de-obra ficaria em torno de R$19.843,20. A este valor soma-se 1,5% do valor investido inicialmente, referente a manutenção dos equipamentos, logo esse valor representa R$13.110,21. Soma-se também um valor referente a depreciação do material e da imobilização de capital, que representa 3,3% ao ano do investimento inicial, em um total de 20 anos, que é o tempo de vida útil dos equipamentos de geração (ANEEL, 1999). Somando-se os custos operacionais, chegamos ao valor de R$ 61.800,03.

O Custo Total de Geração, que é a soma dos custos operacionais e fixos, fica em torno de R$ 935.940,03. Portando, o custo médio é de R$ 0.20/kWh no final dos 20 anos. Considerando a transformação do resíduo em energia elétrica, conforme a Figura 1, e sua comercialização via desconto em faturas elétricas futuras, temos que o metro cúbico do resíduo seria comercializado por R$ 4,30. Para fins de comparação o destino atual do resíduo é sua venda direta, que possui um valor de R$ 20,00 o metro cúbico. Embora o valor comercial do resíduo seja superior ao valor comercial do mesmo pela rota de geração de eletricidade, destaca-se que a geração de energia elétrica é um caminho extremamente viável para a empresa, pois, atualmente a serraria não consegue escoar e armazenar todo o volume de produção de serragem e cavaco.

Figura 1: Retorno financeiro das possíveis rotas de destino para os resíduos



Fonte: Autor, 2019.

Conclusões

Estudos que visam um caminho alternativo aos combustíveis fósseis são de extrema importância e podem colaborar para uma mudança no cenário energético nacional. São inegáveis os benefícios da utilização da biomassa como combustível energético, porém deve-se sempre fazer um estudo econômico para a verificação da competitividade econômica desse insumo no setor elétrico.

Considerando o consumo de energia elétrica da Serraria Vasconcelos e a produção de resíduos produzidos, a geração de eletricidade no ciclo adotado seria suficiente para suprir as demandas da serraria. Atualmente os resíduos são vendidos a um valor de R$ 20,00 o m³ e a energia faria com que o m³ do resíduo fosse vendido a R$ 4,60. Destaca-se a importância de se destinar adequadamente esse resíduo por dois motivos: o primeiro diz respeito ao volume de resíduo gerado, a madeireira atualmente não consegue armazenar todo o volume produzido e nem vendê-lo, o que acarreta em um problema; o segundo diz respeito a uma destinação correta do resíduo do ponto de vista ambiental e econômico, o uso na geração de eletricidade geraria renda e acabaria com o problema de armazenamento.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao IF SUDESTE MG e a Universidade Federal do Paraná pelo apoio e a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente com a confecção deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ABIMCI (Associação Brasileira da Indústria da madeira processada mecanicamente), 2018. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/o-setor/>. Acesso em: 20 junho de 2018.

ANEEL, 2012, Banco de informações de Geração. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. Acesso em: 01/11/2018.

ANEEL, 2018, Banco de informações de Geração. Disponível em:<www.aneel.gov.br>. Acesso em: 01/11/2018.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília, 2008. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2018.

BRACELPA, 2010, **Relatório Anual 2009/2010**. BRACELPA.

BRAND, M. A.; COSTA, V. J.; DURIGON, A.; AMORIN, M. Determinação das propriedades energéticas de resíduos de madeira em diferentes períodos de armazenamento. In: III Congresso de inovação tecnológica em energia elétrica, 2005, Florianópolis. Anais do III Citenel. Florianópolis, 2005.

CARDOSO, B. M. Uso da Biomassa como Alternatica Energética. Universidade Federal Do Rio de Janeiro. Dissertação –p.112. Rio de Janeiro. 2012.

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), Potencia de Energia da Biomassa em Minas Gerais, Ruibran Januário dos Reis e Luciano Sathler dos Reis (Org.). Belo Horizonte, 2017. Editora: Rona Gráfica e Editora, pp.184.

CORTEZ, L. A. B.; GOMEZ, E. O.; LORA, E. E. S. Biomassa para Energia. 1. ed. Campinas: UNICAMP, 2008.

http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/3230-boletim-snif-2017-ed1-final/file. Boletim SNIF 2017 ed. 1. Acesso em: 01/11/2018.

https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx. Acesso em: 09/12/2018.

http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/3230-boletim-snif-2017-ed1-final/file. Boletim SNIF 2017 ed. 1. Acesso em: 01/11/2018.

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2016_v31.pdf. Acesso em: 09/12/2018

LORA, E. E. S. et al. Gaseificação E Pirólise Para Conversão da Biomassa em Eletricidade e Biocombustíveis. In: _____ Biocombustíveis. Itajubá: UNIFEI, p. 88, 2013.

MME:EPE, 2018, Plano Nacional de Energia 2050 – PNE 2050. Brasília, MME:EPE.

MME:EPE, 2017, Anuário estatístico de energia elétrica 2017. Rio de Janeiro.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM GASEIFICADOR DE BIOMASSA

Michael de Oliveira Resende[1], Rúben Christian Barbosa[2], Giovana Franco Valadão[3], Elias Gabriel Magalhães Silva[4], Augusto Cesar Laviola de Oliveira[5]

[1]*Doutorando em Engenharia Agrícola – UFV e Professor - IF Sudeste MG, Juiz de Fora, MG, michael.resende@ifsudestemg.edu.br*

[2]*Doutorando em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

[3]*Graduanda em Engenharia Mecatrônica - Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, MG*

[4] *Mestrando em Bioenergia – Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR*

[5]*Mestrando em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

Resumo

A biomassa se apresenta como uma alternativa sustentável para a produção de energia. Sua transformação em combustíveis gasosos ou líquidos torna-a de fácil utilização nas tecnologias já existentes, como os motores a combustão ou queima direta para produção de calor. Visto isto, o trabalho teve como objetivo a análise experimental de um gaseificador de fluxo concorrente para a produção do gás de síntese, utilizando o eucalipto como fonte de biomassa. Foram levantadas as características do combustível sólido, por meio de análise em laboratório e consultas bibliográficas, e do gás gerado, por meio de analisador específico. A partir dessas características foram calculados os rendimentos a quente e a frio do gaseificador. Foram obtidos, como resultados, um gás de PCI médio igual a 3,76 MJ Nm^{-3} e rendimentos a frio e a quente do gaseificador correspondentes a 63% e 82 %, respectivamente. Todos os valores foram próximos aos encontrados na literatura especializada.

Palavras-chave. Energias renováveis. Energia da Biomassa. Gás de síntese.

Introdução

Fontes renováveis de energia são aquelas que podem se manter ao longo do tempo sem esgotamento, como a energia eólica, solar e hídrica, por exemplo. No Brasil, a oferta interna de eletricidade é predominantemente renovável, representando 80,4% do total, sendo a maior parte referente à hidráulica (65,2%) e a segunda maior referente à biomassa (8,2%). Já referente à oferta interna de energia, os índices caem. Apenas 42,9% da matriz é renovável, sendo a hidráulica responsável por 12% desta e a biomassa, 25% (EPE, 2018).

Biomassa é todo recurso renovável proveniente de matéria orgânica, que pode ser dividida em vegetais não lenhosos, vegetais lenhosos (madeiras), resíduos orgânicos e biofluidos. Dentre os vegetais lenhosos, o gênero *Eucalyptus* tem sido apontado como uma das melhores opções para a produção de biomassa destinada à geração de energia, devido à

suaprodutividade, características da madeira e grande número de espécies, o que possibilita uma ampla distribuição ecológica. O eucalipto é abundante no país, contando com aproximadamente 3 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 1,6 milhões estãoem Minas Gerais. A produtividade comum é de 30 a 40$m^3ha^{-1}ano^{-1}$, podendo chegar até a 80$m^3ha^{-1}ano^{-1}$ com melhoramento genético. Ele é muito utilizado para diversos fins, como produção de madeira serrada, postes, MDF, carvão vegetal, celulose e óleos vegetais, por exemplo(CORTEZ et al, 2008).

Com o propósito de utilizar madeiras para fins energéticos, podem ser realizados diversos processos a fim de sua utilização como combustível sólido, líquido ou gasoso. Para seu emprego como combustível sólido, é possível realizar a combustão direta, podendo também transformá-lo em lenha antes da combustão ou realizar a pirólise para sua transformação em carvão. É possível realizar uma hidrólise seguida de fermentação, a fim de produzir etanol, ou uma liquefação, que produzirá um combustível líquido. Para o combustível gasoso, utiliza-se a gaseificação, que resulta em um gás comburente ou, caso seja realizada a síntese do gás resultante deste processo, em metanol (ANEEL, 2002).

A gaseificação é um processo termoquímico que transforma materiais carbonosos, como a madeira, em um gás chamado gás de síntese ou *syngas*, que consiste na mistura de diversos gases, como gás hidrogênio (H_2), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2), sendo sua composição e poder calorífico inferior (PCI) dependentesda matéria-prima, do tipo de gaseificador e do tipo e quantidade do agente de gaseificação (SIKARWAR; ZHAO, 2017).O agente de gaseificação é introduzido no gaseificador para reagir com a biomassa e influi diretamente na temperatura de operação e na composição final do gás. Normalmente é utilizado ar, vapor de água, oxigênio puro ou uma mistura dos três. O ar é o mais utilizado devido à sua disponibilidade e menor custo, no entanto, reduz o PCI e, consequentemente, a qualidade do gás de síntese, devido à presença de nitrogênio, que é um gás inerte. Quando utilizado, deve ser disponibilizado em quantidade menor que a estequiométrica, a fim de garantir a gaseificação e não uma combustão da biomassa. (NEUBAUER, 2013; SIKARWAR; ZHAO, 2017).

O objetivo deste trabalho foi a análise experimental de um gaseificador de fluxo concorrente para a produção de gás de síntese, utilizando o eucalipto como fonte de biomassa.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área de armazenamento da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado neste trabalho um gaseificador de biomassa de leito fixo de fluxo concorrente e como biomassa energética foi utilizado eucalipto em formato de discos.

Inicialmente foi feita a caracterização da biomassa e foram levantadas suas propriedades físicas e químicas.Essa etapa foi realizada em laboratório e as principais propriedades quantificadas foram o teor de água, o poder calorífico superior(PCS) e inferior (PCI), a granulometria e o teor de cinzas.

Para se obter a granulometria foram medidos os diâmetros e os comprimentos de pelo menos 50 amostras, por meio de paquímetro digital e régua milimétrica, tirando a média entre elas.

Os parâmetros densidade média e composição elementar (hidrogênio, carbono, enxofre, nitrogênio, oxigênio) do combustível utilizado, foram obtidos de forma teórica em consulta bibliográfica(LORA et al., 2013).

O poder calorífico superior do combustível foi determinado usando a técnica da bomba calorimétrica (D-2015). Esta bomba foi utilizada para medir o calor liberado pela combustão do biocombustível com o oxigênio. Todas as amostras passaram por uma peneira malha 60 e foram queimadas em oxigênio pura a uma pressão de 3000kPa. Para se determinar o poder calorífico inferior são usados métodos analíticos, sendo a equação 1 usada para este fim:

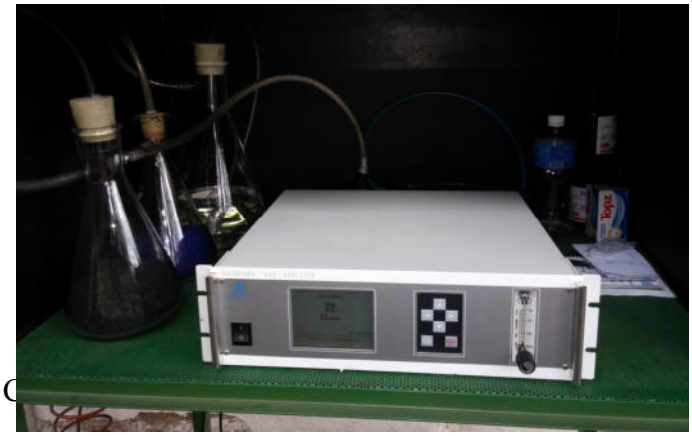
$$PCI = PCS - \frac{2508 * (U_b + 9 * H_2)}{1 + U_b} \qquad 1$$

Onde: PCS = Poder calorífico superior, kJ kg^{-1} ; PCI = Poder calorífico inferior, kJ kg^{-1} ; U_b = Teor de água da biomassa, em decimal, base seca; H_2 = Fração de hidrogênio no combustível kg kg^{-1} ; 2508 =entalpia de vaporização da água, kJ kg^{-1}.

A quantidade de cinzas das amostras foideterminadas segundo a norma ASTM D-3.174, onde a temperatura das amostras é elevada a 750 °C por duas horas. A análise da umidade foi feita primeiramente pesando-se as amostras em uma balança eletrônica de precisão (com resolução de 0,01%) e em seguidaforam colocadas em uma estufa para a secagem, em uma temperatura entre 104 e 110 °C até que não ocorresse mais variação do peso. O tempo de secagem utilizado foi de 48 horas. Depois da secagem as amostras foram novamente pesadas com a balança eletrônica e, de posse das massas obtidas antes e depois da secagem, foi calculado o teor de umidade em base seca.

As características do combustível gerado foram quantificadas em um analisador de gás de marca *Wuhan CubicOptoeletronics* e modelo *Gasboard* 3300. Foram avaliadas as concentrações percentuais de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), gás hidrogênio (H_2), gás metano (CH_4) e o poder calorífico inferior (PCI). Colheram-se as amostras do gás da gaseificação através de uma bomba elétrica peristáltica. Foram utilizados um filtro de álcool 92,8°, sílica gel e carvão ativado para remover impurezas e umidade do gás antes da passagem pelo equipamento (Figura 1).

Figura 1. Sistema de análise do gás de síntese



Fonte: Próprio autor

Para calcular a eficiência do gaseificador se usou a metodologia proposta por FAO (1986), na qual se determinou o rendimento a frio e a quente. O rendimento a frio é calculado se o gás for usado para aplicações em motores a combustão para produção de energia mecânica (equação 2). Em contrapartida, a eficiência a quente é calculada para o caso de o gás ser usado para queima direta (equação 3).

$$\eta_m = \frac{PCI_g \times Q_g}{PCI_C \times M_C} \times 100 \ (\%) \qquad 2$$

$$\eta_{queima} = \frac{(PCI_g \times Q_g) + (Q_g \times \rho_g \times C_p \times \Delta T)}{PCI_C \times M_C} \times 100 \quad (\%) \qquad 3$$

Onde: PCI_g = Poder calorífico inferior do gás (kJ m^{-3}); Q_g = Vazão volumétrica de gás gerado (m^3s^{-1}); PCI_C = Poder calorífico inferior do combustível (kJ m^{-3}); M_C = Consumo de combustível sólido do gaseificador (kgs^{-1}); ρ_g = densidade do gás (kg m^{-3}); C_p = calor específico do gás (kJ kg^{-1} K^{-1}); ΔT = diferença de temperatura entre o gás de saída e a biomassa de entrada no gaseificador (K).

Foram medidas as temperaturas da zona de gaseificação, da zona de redução, a temperatura do gás de saída do reator e a temperatura ambiente através de termopares do tipo k.

Para se calcular a densidade do gás gerado e o calor específico usou-se as concentrações percentuais obtidas pelo analisador e multiplicou-se pelos respectivos valores de densidade e calor específico encontrados na literatura para cada gás, depois somou-se esses produtos para obter osvalorespara o gás de síntese gerado. Para a parcela do gás não quantificada, utilizou-se como gás de composição o nitrogênio.

Resultados e discussão

Os valores encontrados na análise química e física do material estão organizados nas tabelas 1 e 2. Nestas estão expressados o valor da média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para as 50 amostras analisadas.

Tabela 1. Características da lenha de eucalipto.

	PCS (kJ/kg)	PCI (kJ/kg)	Teor de Cinzas (%)	Umidade em base seca (%)
Média	18988,51	16620,07	0,1	17
Desvio Padrão	193,65	197,23	46,25	0,71
Coeficiente de Variação	0,010	0,012	0,15	0,042

Tabela 2. Características físicas da lenha do eucalipto.

Características	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Médio (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coeficiente de variação (%)

Diâmetro	12	4,0	8,2	16,81	2,05
Comprimento	4,8	2,8	3,3	3,96	1,2

Pelas tabelas 1 e 2, pode-se verificar a uniformidade das amostras analisadas em relação as suas características. Essa padronização nos ajuda a verificar melhor o rendimento do gaseificador, visto que essas características poderiam causar variações na determinação dessa grandeza.

Para a análise do gás gerado foram realizados dois testes com duração de aproximadamente 6 horas cada, sendo utilizada a lenha de eucalipto no formato de discos. Nesse intervalo foram consumidos 60 kg de lenha para cada teste. NaTabela 3 é possível observar os valores médios da composição elementar do gás e o valor do seuPCI.Utilizou-se as estatísticas desvio padrão e coeficiente de variação a fim de verificar a homogeneidade ou variabilidade do conjunto de amostras estudado.

Tabela 3. Análise estatística dos dados coletados do gás.

Análise dos dados	PCI ($MJNm^{-3}$)	CO_2 (%)	CO (%)	CH_4 (%)	H_2 (%)
Média	3,76	2,42	20,42	1,62	5,67
Desvio Padrão	0,22	0,14	0,78	0,30	0,59
Coeficiente de Variação	0,06	0,06	0,04	0,19	0,10

Com a análise dos dados é possível verificar que as propriedades do gás apresentam uma uniformidade nas amostras. Os valores encontrados estão próximos dos valores citados na literatura especializada para esse gaseificador e essa biomassa. O autorLoraet al. (2013), encontrou valores de 4 a 5 MJ Nm^{-3} para gaseificação de madeira próximo ao valor médio de 3,76 MJ Nm^{-3}medido no experimento.

As temperaturas médias analisadas na zona de gaseificação, zona de redução, temperatura de saída do gás e a temperatura ambiente foram respectivamente, 700°C, 1000°C, 426 °C e 27°C. A temperatura da biomassa de entrada foi considerada como sendo a ambiente, pois esta estava armazenada próxima ao local de medição da temperatura. O valor dessa temperatura e a do gás de saída foram utilizados no cálculo do rendimento a quente do gaseificador de acordo com a equação 2. Para esse mesmo cálculo a densidade e o calor específico do gás gerado foram de 1,61 kg Nm^{-3} e 1,81 kJ $kg^{-1}K^{-1}$ respectivamente, calculados de acordo com metodologia apresentada.

Os valores de rendimentos relatados no livro de FAO (1986), foram de 60 a 75 por cento, para a geração de energia mecânica e de 93% para geração de energia térmica com o gás de síntese. Os valores calculados para o experimento foram de 63% para a produção de energia mecânica (rendimento a frio) e de 82% para queima direta do gás (rendimento a quente). Portanto podemos notar um funcionamento próximo ao esperado, sendo que as variações se devem as condições de conservação do reator utilizado.

Conclusões

O uso da gaseificação como rota de transformação da biomassa em energia, traz algumas vantagens, uma delas é a adequação a tecnologia já existentes para uso do gás combustível

gerado. Ademais, torna o armazenamento e transporte mais eficiente em relação a biomassa sólida, pois, diminui-se a necessidade de espaço e cuidados com fatores climáticos. Com os rendimentos alcançados verifica-se também ser uma rota de grande viabilidade técnica produzindo um gás com um bom poder calorífico, para ser utilizado em aplicações energéticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IF SUDESTE MG campus Juiz de Fora, através da Diretoria de Pesquisa pelo apoio prestado; ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, aos órgãos de fomento à pesquisa CNPQ, CAPES e FAPEMIG e a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a construção deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2002) Biomassa . Atlas de energia elétrica do Brasil. pp. 54. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf. Acesso em: 26/04/2019.

CORTEZ, L. A. B.et al (2008) Biomassa no Brasil e no mundo. *Biomassa para energia*. Editora UNICAMP, pp. 15-28.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2018). Balanço Energético Nacional. Disponível em: http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/. Acessoem: 21/03/2019.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (1986) Small wood and charcoal gasifiers for operation of internal combustion engines. *Wood gas as enginefuel*. Cap. 2, p. 17 - 18. Disponivel em: http://www.fao.org/3/a-t0512e.pdf. Acesso em: 21/03/2019

LORA, E. E. S. et al. (2013) Gaseificação E Pirólise Para Conversão da Biomassa em Eletricidade e Biocombustíveis.*Biocombustíveis*. Editora Interciência. Cap. 6, p. 411-498. Disponivel em: https://nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/files/BiocombustiveisCap06.pdf .Acessoem: 21/03/2019.

NEUBAUER, Y. (2013) Biomass gasification. *Biomass Combustion Science, Technology and Engineering*. Editora Elsevier. p. 106–129.

SIKARWAR, V. S.; ZHAO, M. (2017) Biomass Gasification. Encyclopedia of Sustainable Technologies. Editora Elsevier, pp. 205-216.

ANÁLISE TÉCNICA DA PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO BIODIESEL ORIUNDO DE ÓLEOS VEGETAIS VIA TRANSESTERIFICAÇÃO ALCALINA HOMOGÊNEA

Matheus dos Santos Viana [1], Rhuan Carlos Martins Ribeiro[2,2], Joice Machado Martins[3,2], Glauber Tadaiesky Marques[4,3], Otavio Andre Chase[5,3]

[1]*Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil, e-mail: mviana763@gmail.com*

[2]*Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

[3]*Professor Dr. adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

Resumo

Neste trabalho investigou-se tecnicamente o processo de síntese do biodiesel a partir da reação de transesterificação básica homogênea de 03 (três) óleos vegetais, sendo: soja, canola e girassol. O biodiesel obtido passou por procedimentos de caracterização de seus parâmetros físico-químicos a fim de se averiguar sua qualidade e comparar com as normas exigidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Propôs-se análises quanto aos rendimentos dos processos envolvidos durante a produção. Os resultados para o rendimento dos processos de transesterificação, separação e lavagem, diagnosticaram que o óleo de girassol obteve o melhor desempenho em todas as etapas. Os parâmetros tomados para análise são: viscosidade, densidade e índice de acidez. A partir dos dados obtidos após a caracterização físico-química, pode-se constatar que todos os experimentos geraram um biocombustível que se apresenta dentro dos padrões exigidos pela agência nacional reguladora.

Palavras-chave. Biodiesel. Transesterificação. Propriedades Físico-Químicas. Purificação.

Introdução

A crescente demanda da produção de biocombustíveis destaca a importância da elaboração de pesquisas objetivando desenvolver fontes de energias alternativas e economicamente viáveis. Além disso, ainda existe a questão ambiental frente à queima de combustíveis fósseis e as emissões de gases efeito estufa, principalmente, pelo setor automotivo, considerado norteador do estado de alerta quanto às mudanças climáticas das últimas décadas (ARRUDA BOTELHO, 2012). Nesse sentido, a busca pela manutenção do equilíbrio ambiental paralelo às incertezas energéticas e econômicas frente o futuro do petróleo, têm impulsionado investimentos em biocombustíveis alternativos, sendo um deles, o biodiesel.

Tradicionalmente, o biodiesel pode derivar de quatro tipos de processos sendo, micro emulsificação, pirólise, diluição e transesterificação. Dentre eles, a reação de transesterificação é o objeto de estudo do presente trabalho. Esta consiste na reação química de óleos vegetais ou gorduras com um álcool, metanol ou etanol na presença de catalisadores, gerando uma mistura de ésteres alquílicos (biodiesel) e glicerina (RAMOS et. al., 2017).

Posteriormente, o biodiesel passa pela etapa de purificação na qual são retirados resíduos de glicerina, sabões e ácidos graxos. Segundo Noureddini (2001), ela é feita pela lavagem do produto, a qual pode ser realizada por dois métodos: a lavagem a seco e a úmida que, conforme explica Berrios (2008), é amplamente usada nos processos de purificação, e por isso será usada nessa obra.

Nesse contexto, a pesquisa realizada objetivou analisar a técnica da produção e a caracterização físico-química do biodiesel para definição de parâmetros específicos, tais: densidade, viscosidade e índice de acidez, a fim de obter resultados que indicam o tipo de óleo que se apresenta como mais adequado quanto ao processo em questão. A matéria-prima para síntese adveio de três óleos vegetais refinados (soja, canola e girassol).

Material e Métodos

Realizaram-se três experimentos, utilizando, 740g de óleo refinado, em condições padrões de temperatura nas reações (60°C), equipamentos (reator), tempo de reação (1h) e procedimento de lavagem úmida. Um resumo dos experimentos é expresso na Tabela 1:

Tabela 1. Resumo dos experimentos 1, 2 e 3

Procedimento	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Média
Massa de óleo refinado (g)	740	740	740	740
Massa de metanol (g)	190,3	188,3	184,5	187,7
Razão molar metanol: óleo (RM)	6:1	6:1	6:1	6:1
Massa do hidróxido de potássio (g)	5,7	5,6	5,5	5,46
Razão catalisador: metanol (%m/m)	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
Tempo de reação (temp. 60°C)	1h	1h	1h	1h
Tempo de decantação	3h	3h	3h	3h

Foram propostos cálculos para determinar o rendimento dos processos de transesterificação e lavagem no decorrer das bateladas, em seguida, deu-se o estudo de análises físico-químicas das propriedades do combustível em comparativo com as normas vigentes da ANP.

Cálculo de rendimento da reação de transesterificação

No processo de transesterificação dos óleos vegetais refinados (η_{OT}), os rendimentos foram expressos pela Equação 1, na qual m_B é a massa de biodiesel produzido, m_{OE} a massa de óleo refinado de entrada no sistema.

$$\eta_{OT} = \frac{m_B}{m_{OE}} x\ 100 \quad (1)$$

Cálculo de rendimento da etapa de lavagem

O rendimento da lavagem (η_{PSTL}) possui seus valores determinados pela Equação 2, na qual m_{BL} é a massa de biodiesel após a lavagem, m_{B+GR} é a massa de biodiesel após o processo inicial de separação (biodiesel+glicerina remanescente) na entrada do sistema de lavagem.

$$\eta_{PSTL} = \frac{m_{BL}}{m_{B+GR}} x\ 100 \quad (2)$$

As propriedades físico-químicas foram avaliadas com base nas determinações da ANP, as quais foram seguidas no processo de análise e utilizadas como parâmetros comparativos dos resultados obtidos.

Cálculo de Viscosidade Cinemática

A Viscosidade Cinemática (V), conforme a ANP, foi realizada a 40°C e obtida por meio da Equação 3, na qual K é a constante do viscosímetro; t_0 , tempo de passagem; e v , o fator de correção de energia cinética.

$$V = K(t - v) \quad (3)$$

Cálculo de densidade

A princípio a densidade foi medida em uma balança analítica a massa do picnômetro vazio (25 ml) e, em seguida, acrescendo a ela o biodiesel. Após, subtraiu-se a segunda da primeira. Assim, o valor da densidade foi obtido pela razão entre a massa subtraída e o volume.

Cálculo do índice de acidez

Pesou-se 2 g de amostra em um erlenmeyer, adicionando 25 ml de solução de éter com álcool em proporção 2 para 1, neutralizada com uma solução de NaOH 0,1N. Após, adicionou-se 2 gotas de fenoltaleína e titulou-se com solução NaOH 0,1N. Posteriormente, o índice de acidez (Ia), foi aferido pela Equação 5. Onde, Va é o volume em ml da solução de NaOH 0,1 gastos na solução; Vb é o volume em ml da solução de NaOH gastos na solução do branco; c é o fator de correção de NaOH; e m é a massa em gramas da amostra.

$$Ia = \frac{(Va - Vb) \times c \times 5{,}5}{m} \quad (5)$$

Resultados e discussão

Resultados dos rendimentos da transesterificação

A partir da análise dos dados obtidos, constataram-se diferenças no rendimento da reação dos óleos vegetais usados. A Tabela 2 mostra os resultados da análise de rendimento nesse processo.

Tabela 2. Valores de rendimento no processo de transesterificação

Processos	EXP. 1	EXP. 2	EXP. 3	Média
Massa óleo refinado (m_{OE}) (g)	740	740	740	740
Massa do biodiesel (m_B)(g)	656,5	587	573,3	605,6
Rendimento (%) (η_{OT})	88,71%	79,32%	77,47%	81,83%

Conforme a Tabela 2, destaca-se o experimento 1 (girassol), no qual obteve o resultado de 88,71% em massa de diesel. Entretanto, nota-se que o rendimento do experimento 3 (Soja)

apresentou o menor percentual em óleo (77,47%), esse fato pode ser atribuído a perdas durante o processo de transesterificação alcalina.

Resultados dos rendimentos nas etapas de lavagem

A perda de massa da amostra de biodiesel de girassol identificada na Tabela 3 pode caracterizar impurezas presentes no biodiesel, retiradas pela água, que não foram detectadas visualmente na separação inicial, o valor de 49,9g representando, 7,7% da massa de biodiesel produzido na reação do óleo. Os dados da lavagem do biodiesel de canola expressam o valor de massa perdida de 59,2g, corresponde a 10,08% da massa na entrada no sistema.

A análise da tabela também indica uma grande perda de massa durante o processo com o óleo de soja, cerca de 139g foi perdido na lavagem, ou seja, 24,24% da massa de entrada do biodiesel. Ressalta-se que o método de agitação por aborbulhamento, usando bombas, não é o mais adequado para esse tipo de procedimento devido à existência de umidade no ar que é bombeado para dentro do vaso, podendo assim favorecer a formação de emulsificações em parte da amostra. Portanto, o resultado de perda na lavagem do biodiesel de Soja pode estar relacionado a essas condições.

Tabela 3. Percentuais de rendimento obtidos no procedimento geral de lavagem

Processos	Girassol	Canola	Soja	Média
Massa de entrada (m_{B+GR}) (g)	656,5	587	573,3	605,6
Massa de saída (m_{BL}) (g)	606,6	527,8	434,3	522,9
Perda de massa (g)	49,9	59,2	139	82,7
Rendimento (%) (η_{PSTL})	92,39%	89,91%	75,75%	86,01%

Por meio dos dados expressos na Tabela 3, considera-se a eficiência da metodologia empregue a lavagem do biodiesel, visto que se alcançou um percentual médio acima de 85%. Os dados também permitem concluir que o experimento 1 (girassol) apresentou a menor perda de massa do biodiesel e, consequentemente, melhor aproveitamento (92,39%).

Resultados das propriedades físico–químicas

Os valores das propriedades físico-químicas obtidos pelos experimentos estão expostos na tabela 4, junto com os limites exigidos pela resolução n° 45 de 25 de agosto de 2014 da ANP, que especifica essas propriedades para o Biodiesel.

Tabela 4. Valores da viscosidade, densidade e índice de acidez obtida nos ensaios

	Viscosidade cinemática (mm2/s)	Massa específica (Kg/m^3)	Índice de acidez, lim. (mg KOH/g)
ANP	3,0 a 6,0	850 a 900	0,5
Canola	5,8	864	0,86
Girassol	5,32	860	0,12
Soja	5,14	854	0,3

Média	5,42	859,33	0,42

Como mostrado na tabela acima, todos os valores estão de acordo com a especificação da ANP, exceto o índice de acidez do diesel de canola. Sugere-se que esse valor tenha relação com o índice de acidez do óleo refinado utilizado no experimento, sendo necessário um estudo mais detalhado que comprove esses efeitos. Os melhores resultados de viscosidade e densidade estão com o biodiesel advindo do óleo de soja.

Utilizando as médias de todos os parâmetros, compara-se os valores com o trabalho de Oliveira (2012) o qual baseou - se na mesma metodologia modificando apenas o óleo utilizado que foi o de Moringa Oleífera. Em seu trabalho, os valores de densidade e índice de acidez apresentaram-se de acordo com a resolução da ANP, porém a viscosidade cinemática obteve um valor de 13, 56 mm2/s, ou seja, muito acima do permitido pela ANP.

Considerações Finais

Portanto, os resultados dos procedimentos experimentais realizados possibilitaram concluir que: nos parâmetros de viscosidade cinemática e densidade do biodiesel, o óleo de soja obteve os melhores resultados, enquanto que, no experimento com uso do óleo de girassol, alcançou-se a melhor resposta quanto o índice de acidez; com relação aos rendimentos, o biodiesel de girassol mostrou o melhor desempenho nos aspectos analisados (rendimento na transesterificação e lavagem), sendo 88,71% e 92,39%, em ordem.

Com isso, ressalta-se a importância do estudo baseado na metodologia de transesterificação alcalina empregue a síntese de biodiesel, bem como de seu processo de purificação, pois foi a partir desses procedimentos que foram alcançados resultados eficazes em praticamente todos os experimentos.

Referências

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução n° 45 de 25 de agosto de 2014. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>. Acesso em: 10 de mar, 2018.

ARRUDA BOTELHO, C. A. V. Viabilidade técnica e aspectos ambientais do biodiesel etílico de óleos residuais de fritura. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

BERRIOS, M.; SKELTON, R. L. “Comparation of purification methods for biodiesel”. Chemical Engineering Journal, v. 144, p. 459-465, 2008.

D.S OLIVEIRA, X. D. S FONSECA, P. N FARIAS, V. S BEZERRA, C. H. C PINTO, L. D. SOUZA, A. G. D SANTOS, L. G. O MATIAS. “Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de Moringa Oleífera lam”. Holos, Ano28, Vol.1, 2012

NOUREDDINI, H.; HARKEY, D.; MEDIKONDURU, V. “A continuous process for the conversion of vegetable oils into methyl esters of fatty acids”. Journal of the American Oils Chemists Society, 75(12):1 775-1 783, 1998.

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA. M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. “Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis”. Revista Virtual de Química, 2017, v.9, n.1, p. 317-369.

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO TÉRMICA E DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO DA LIGNINA KRAFT INDUSTRIAL

Anderson Lima de Menezes[1], Amanda Carla Ribeiro da Silva[1], José Alair de Santana Junior[1], Cássia Regina Cardoso[2], Carlos Henrique Ataíde[1]

[1]*Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brasil, anderson.menezes@ufu.br*

[2]*Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM).*

Resumo

A pirólise pode ser empregada na conversão termoquímica da lignina Kraft industrial objetivando a transformação em produtos de maior valor agregado. Neste sentido, o conhecimento sobre o comportamento térmico, mais especificamente a determinação da energia de ativação da biomassa, é muito importante. Nesse trabalho, foram realizados ensaios de análise termogravimétrica (TGA) e análise termogravimétrica derivada (DTG) da lignina Kraft industrial com objetivo de estudar a cinética de degradação térmica e calcular a energia de ativação média. Os resultados confirmam a influência da taxa de aquecimento na perda de massa e da taxa de conversão da amostra no valor da energia de ativação. As massas residuais obtidas ao final dos testes foram de aproximadamente 30% para a taxa de 5 ºC/min e de 35% para as demais taxas. A energia de ativação média, e os respectivos desvios padrão, foram de 144,12 ± 25,88 para o modelo de Friedman, de 132,29 ± 15,07 para o modelo de Flynn-Wall-Ozawa e de 125,45 ± 15,07 para o modelo de Miura-Maki.

Palavras-chave. Biomassa. Análise termogravimétrica. Modelos cinéticos.

Introdução

A biomassa vem exercendo um importante papel como fonte de energia devido à sua disponibilidade mundial. A lignina, um dos principais componentes da biomassa lignocelulósica, é o biopolímero aromático mais abundante na natureza com uma estrutura tridimensional complexa, consistindo de várias unidades de fenilpropano altamente polimerizadas através de ligações éter, como β-O-4 e 4-O-5, ou ligações carbono-carbono, como β-β, β-5, β-1 e 5-5´. Esta biomassa possui elevado potencial de tornar-se uma fonte alternativa de produtos químicos de alto valor agregado para a indústria. Entretanto, a conversão desta biomassa não é uma tarefa fácil (SANTANA JR *et al*., 2018; KIM *et al*., 2011).

A conversão termoquímica da biomassa para obtenção de vários produtos (sólidos, líquidos e gasosos) pode ser realizada através da pirólise. Neste processo, a matriz orgânica sofre decomposição térmica direta na ausência total ou parcial de oxigênio promovendo reações paralelas e em série (YANG *et al*., 2014). Deste modo, é necessário o conhecimento do comportamento térmico da lignina, durante o processo de conversão termoquímica.

Análises termogravimétrica e termogravimétrica derivada são técnicas simples e bastante empregadas na obtenção de informações sobre as propriedades cinéticas e termodinâmicas das biomassas. Com estas análises pode-se estimar a energia de ativação necessária para ocorrência da reação de decomposição térmica. A partir dos dados experimentais do TGA da biomassa em diferentes taxas de aquecimento, é possível determinar a energia de ativação através da utilização de modelos matemáticos clássicos, como os de Friedman, Flynn-Wall-Ozawa (FWO) e Miura-Maki.

O presente trabalho investigou a degradação térmica da lignina Kraft industrial em diferentes taxas de aquecimento e determinou a energia de ativação média desta biomassa utilizando os métodos isoconvencionais.

Material e Métodos

Biomassa

A biomassa utilizada na realização das análises deste trabalho foi a lignina Kraft industrial (pH de 4,05 em suspensão de 10% em água) cedidas pela empresa Suzano Papel e Celulose (Lote: NV02091116).

A amostra de lignina foi recebida conforme ilustra a Figura 1. Não houve a necessidade de preparo adicional na utilização da amostra de lignina para a realização das análises. Na Tabela 1 está apresentada a caracterização desta biomassa (MENEZES *et al*., 2018).

Tabela 1. Análise elementar e imediata da lignina Kraft industrial.

	Análise elementar (%)					Análise imediata (%)			
Lignina Kraft industrial	C	O	H	N	S	U	TMV	TCz	TCF
	53,50	39,72	4,76	0,42	1,60	2,86	62,57	1,22	33,35

U=Umidade; TMV=Teor de materiais voláteis; TCz=Teor de cinzas; TCF=Teor de carbono fixo.

Análises termogravimétricas

As análises térmicas da lignina Kraft industrial foram realizadas em um analisador termogravimétrico modelo TGA/DTG-60H, marca Shimadzu, sob fluxo contínuo de atmosfera inerte de nitrogênio gasoso (N_2) de alta pureza 99,999, a taxa de 30 mL/min. Este equipamento é dotado de uma microbalança analítica e um sensor e temperatura com sensibilidades de medida de 10^{-6}g e 0,1K, respectivamente. Nestas análises foram utilizadas massas iniciais de aproximadamente 7 mg.

Foram realizados experimentos dinâmicos nos quais o material foi aquecido a 100 ºC, com taxa de aquecimento de 50 ºC/min, e mantido a essa temperatura por 30 minutos, para eliminar a umidade. Logo após a secagem, o material foi aquecido a 900 ºC empregando cinco diferentes taxas de aquecimento (5, 10, 15, 20 e 25 ºC/min). Os dados referentes à secagem foram desconsiderados no tratamento de dados, assim as variações de massa devido à perda de água não foram consideradas.

Utilizando os dados de perda de massa das amostras, tempo e temperatura, registrados usando o software do TGA, foi possível determinar os valores de energia de ativação para os modelos de reação global de Friedman (Equação 1) e Flynn-Wall-Ozawa (Equação 2) e para o modelo

de energia de ativação distribuída de Miura-Maki (Equação 3). A energia de ativação para os modelos de reação foram calculadas através de regressões lineares realizadas no software STATISTICA 7. Este trabalho não teve o foco de estimar o fator pré-exponencial (A).

Em que: $\beta = dT/dt$.

$$\ln\left(\frac{d\alpha}{dt}\right) = \ln\left[\beta\left(\frac{d\alpha}{dT}\right)\right] = \ln\left[Af(\alpha)\right] - \frac{Ea}{RT} \quad (1)$$

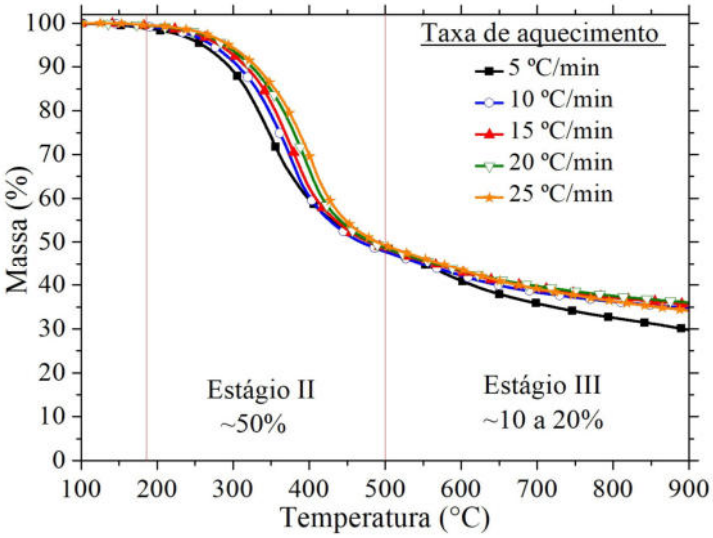
$$\log\beta = \log\left(A\frac{Ea}{Rg(\alpha)}\right) - 2,315 - 0,4567\frac{Ea}{RT} \quad (2)$$

$$\ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right) = \ln\left(\frac{AR}{Ea}\right) + 0,6075 - \left(\frac{Ea}{RT}\right) \quad (3)$$

Resultados e discussão

Na Figura 1 são apresentadas as curvas da perda percentual de massa ou TG (médias de três análises realizadas para cada taxa de aquecimento).

Figura 1. Curvas TG da lignina Kraft industrial.



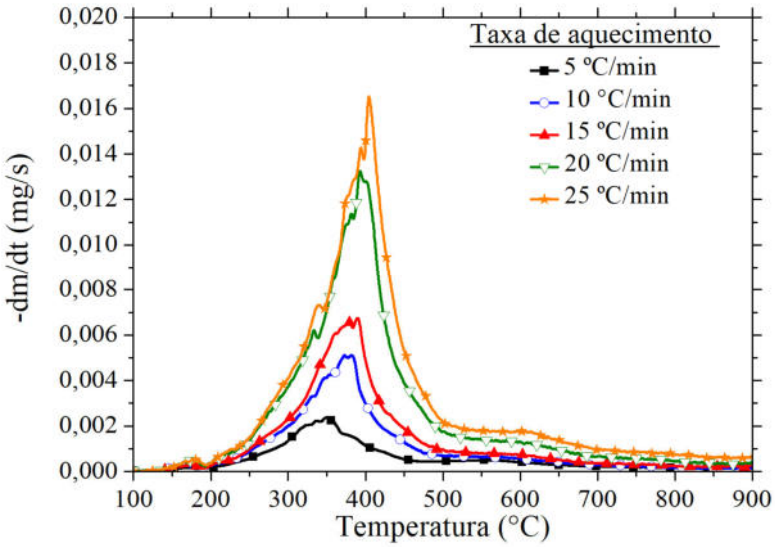
Pode ser visualizado na Fig. 1 que a taxa de aquecimento influencia na posição das curvas TGA. A porcentagem residual da biomassa após o teste de degradação térmica pode ser verificada no final da curva TGA obtendo cerca de 30% para a taxa de 5 ºC/min e aproximadamente 35% para as demais taxas. De acordo com Watkins *et al*. (2015), de 30 a 40% em peso da amostra de lignina ainda permanecem não volatizadas a 800 ºC, devido à formação de estruturas aromáticas altamente compactas que têm a capacidade de formar carvão.

A lignina é composta principalmente de anéis aromáticos com várias ramificações. Devido a essas ligações químicas, o processo de degradação desta biomassa ocorre em uma ampla faixa de temperatura e pode ser dividido em três estágios.

No Estágio I (não representado na Fig. 1), a perda de peso ocorre entre 30 a 120 ºC devido a evaporação da umidade (secagem da biomassa). Após o Estágio I, a massa permanece constante até aproximadamente 180 ºC. O Estágio II, que ocorre entre 180 a 500 ºC, é a etapa de degradação mais rápida. É atribuída à degradação dos componentes presentes nos carboidratos que são convertidos em vapores voláteis que se tornarão bio-óleo através da condensação ou devido clivagem das ligações β-O-4. Já no Estágio III, após 500 ºC, ocorre a degradação lenta, caracterizada pela formação do char (WATKINS *et al*., 2015; MA *et al*., 2016; MOUSTAQIM *et al*., 2018). Na Fig. 1, nota-se que no Estágio II a biomassa perdeu em torno de 50% da massa em todas as taxas estudadas e no Estágio III cerca de 19% na taxa de 5 ºC/min, 13% nas taxas de 10, 15 e 20 ºC/min e 15% na taxa de 25 ºC/min.

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de análise termogravimétrica derivada (DTG) da perda de massa em relação ao tempo (dados médios das porcentagens de perda de massa).

Figura 2. Curvas DTG da lignina Kraft industrial.



De acordo com a Fig. 2, nota-se que as curvas de DTG são influenciadas pela taxa de aquecimento, obtendo um aumento na amplitude dos picos, indicando que houve um aumento da taxa de degradação máxima. Deste modo, os perfis de DTG mostram que os picos térmicos de degradação máxima incrementaram à medida que a taxa de aquecimento aumentou de 5 para 25 ºC/min obtendo a DTG_{max} de 0,0165 mg/s à 403 ºC na taxa de 25 ºC/min. Segundo Watkins *et al*. (2015), a DTG_{max} pode ser usada como um meio para comparar as características de estabilidade térmica de diferentes materiais.

A cinética da análise térmica é uma abordagem importante para estudar o mecanismo de pirólise da biomassa. Os dados obtidos experimentalmente foram adequadamente aplicados as Eq. 1, 2 e 3, para cada modelo de reação. A energia de ativação (*Ea*) foi calculada a partir das regressões lineares para o modelo de Friedman (Figura 3), Flynn Wall Ozawa (Figura 4) e Miura-Maki (Figura 5), com intervalo de conversão de 0,05 a 0,45 e coeficiente de determinação superior a 0,91. A energia de ativação estimada nestes métodos é uma função da taxa de conversão (α).

Figura 3. Modelo de Friedman.

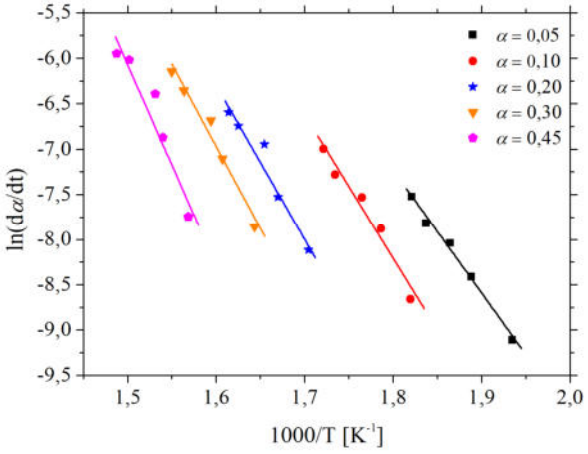


Figura 4. Modelo de Flynn-Wall-Ozawa.

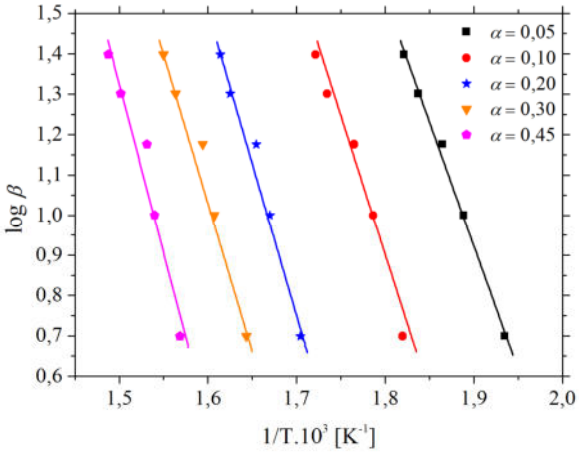
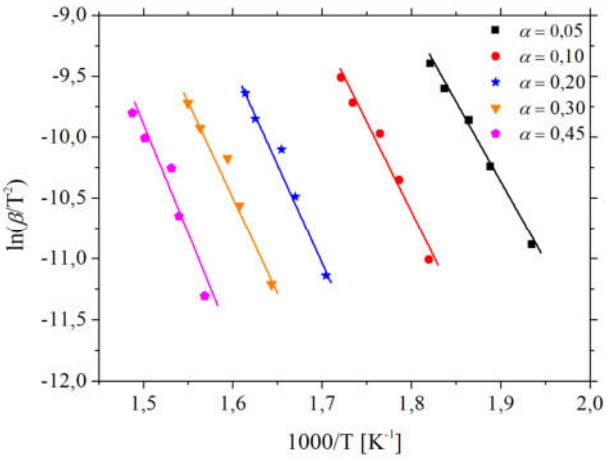


Figura 5. Modelo de Miura-Maki.



Os valores de *Ea* da lignina Kraft industrial obtidos através dos modelos de Friedman, Flynn-Wall-Ozawa (FWO) e Miura-Maki são apresentados na Tabela 2. A energia de ativação representa o requisito mínimo de energia que deve ser superado para que a reação seja iniciada. Ou seja, maiores valores da energia de ativação significam maior gasto energético para ocorrer um processo de degradação térmica (MA *et al*., 2016; OUNAS *et al*., 2011).

Tabela 2. Resultados da energia de ativação para os modelos estudados.

α	Friedman		FWO		Miura-Maki	
	Ea [kJ/mol]	R^2	*Ea* [kJ/mol]	R^2	*Ea* [kJ/mol]	R^2
0,05	113,30	0,991	111,89	0,995	108,81	0,994
0,10	132,13	0,964	125,39	0,977	122,47	0,973
0,20	141,32	0,948	137,61	0,977	134,68	0,974
0,30	150,54	0,973	133,93	0,972	130,42	0,968
0,45	183,31	0,913	152,62	0,946	149,60	0,938
Média	144,12 ± 25,88	–	132,29 ± 15,07	–	125,45 ± 15,07	–

De acordo com a Tab. 2, observa-se que os valores da energia de ativação tenderam a aumentar com o aumento da taxa de conversão. Mas, esse fato não ocorre ao se comparar as taxas de

conversões de 0,2 e 0,3 para os modelos de FWO e Miura-Maki. O aumento da energia de ativação com o incremento na taxa de conversão pode ser devido à baixa condutividade térmica da lignina Kraft industrial.

Na Tab. 2, nota-se também que os valores de *Ea* obtidos pelo modelo de Friedman são superiores aos obtidos pelos modelos de FWO e Miura-Maki. Entretanto, levando em conta aos desvios padrões das médias, estes valores podem ser considerados estatisticamente iguais. Neste sentido, as metodologias estudadas são adequadas para estimar a *Ea* da lignina Kraft industrial contribuindo para previsão e compreensão da energia mínima requerida no processo de pirólise desta biomassa.

Conclusões

Neste trabalho, a porcentagem residual da lignina Kraft industrial após o teste de degradação térmica foi de cerca de 30% para a taxa de 5 ºC/min e aproximadamente 35% para as demais taxas. A DTG_{max} foi de 0,0165 mg/s à 403 ºC na taxa de 25 ºC/min.

A energia de ativação média foi de 144,12 ± 25,88 para o modelo de Friedman, de 132,29 ± 15,07 para o modelo de Flynn-Wall-Ozawa e de 125,45 ± 15,07 para o modelo de Miura-Maki.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, a CNPq e a Suzano Papel e Celulose.

Referências Bibliográficas

KIM, J. Y., SHIN, E. J., EOM, I. Y., WON, K., KIM, Y. H., CHOI, D., CHOI, I. G., CHOI, J.W. (2011) Structural features of lignin macromolecules extracted with ionic liquid from poplar wood. *Bioresource technology*. V. 102, N. 19, pp. 9020-9025.

MA, Z., SUN, Q., YE, J., YAO, Q., ZHAO, C. (2016) Study on the thermal degradation behaviors and kinetics of alkalilignin for production of phenolic-rich bio-oil using TGA–FTIR and Py–GC/MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. V. 117, pp. 116-124.

MENEZES, A. L., SILVA, F. T. M., SANTANA JÚNIOR, J. A., ATAÍDE, C. H. (2018) Micropirólise e hidropirólise da lignina kraft industrial. *Anais do Cibio 2018*. V. 03, N. 02, pp. 688-693. Disponível em: https://www.congressobiomassa.com/site/cibio2018_anais.pdf. Acesso em: 15/04/2019.

MOUSTAQIM, M. E., KAIHAL, A. E., MAROUANI, M. E., MEN-LA-YAKHAF, S., TAIBI, M., SEBBAHI, S., HAJJAJI, S. E., KIFANI-SAHBANA, F. (2018) Thermal and thermomechanical analyses of lignin. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. V. 9, pp. 63-68.

OUNAS, A., ABOULKAS, A., EL HARFI, K., BACAOUI, A., YAACOUBI, A. (2011) Pyrolysis of olive residue and sugar cane bagasse: Non-isothermal thermogravimetric kinetic analysis. *Bioresource technology*. V. 102, pp. 11234-11238.

SANTANA JÚNIOR, J. A., CARVALHO, W. S., ATAÍDE, C. H. (2018) Catalytic effect of ZSM-5 zeolite and HY-340 niobic acid on the pyrolysis of industrial kraft lignins. *Industrial Crops & Products*. V. 111, pp. 126-132.

WATKINS, D., NURUDDIN, MD., HOSUR, M., TCHERBI-NAETEH, A., JEELANI, S. (2015) Extraction and characterization of lignin from different biomass resources. *Journal of Materials Research and Technology*. V. 4, pp. 26-32.

YANG, S. I., WU, M. S., WU, C. Y. (2014) Application of biomass fast pyrolysis part I: Pyrolysis characteristics and products. *Energy*. V. 66, pp. 162-171.

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS OBTIDO A PARTIR DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE AVES E EFLUENTE DA LAVAGEM DE OVOS

Júlia Fraporti Cornelli[1], Camila Hasan[2], Odorico Konrad[2,3]

[1]*Bolsista de Iniciação Científica no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil, julia.cornelli@universo.univates.br.*

[2]*Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari – Univates.*

[3]*Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) - Universidade do Vale do Taquari – Univates.*

Resumo

De acordo com pesquisa do IBGE sobre a produção da pecuária brasileira, o número de galinhas poedeiras no Brasil, em 2017, teve um aumento de mais de 11% em relação a 2016. Este aumento reflete diretamente na industrialização dos ovos, incidindo em maiores volumes de resíduos gerados durante a produção e o processamento dos mesmos. Por possuírem elevada concentração de matéria orgânica, os resíduos da produção e do processamento dos ovos podem ser tratados via digestão anaeróbia, objetivando além da redução das cargas, o aproveitamento energético do biogás. Este trabalho avaliou o potencial de produção de biogás a partir de uma mistura contendo dejeto de aves e efluente da lavagem de ovos, em reatores operados em modo contínuo. O experimento foi realizado em escala laboratorial no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis – CPETS - TECNOVATES da Universidade do Vale do Taquari - Univates, utilizando reatores com capacidade de 5 litros, preenchidos com 4.000 g de inóculo microbiano (digestato de experimento anterior). Para as alimentações dos reatores foram preparados 10 Kg da mistura (Mix 30x70) contendo 30% de dejetos de aves poedeiras (3Kg) e 70% de efluente do processo da lavagem de ovos (7Kg), a mistura foi armazenada sob refrigeração a ± 5 °C, durante todo o experimento. Os reatores foram mantidos em incubadora bacteriológica adaptada em temperatura mesofílica (37ºC). As alimentações dos reatores ocorreram diariamente durante 20 dias, retirando-se 200 g do digestato de cada reator e, na sequência, introduzindo-se 200 g do Mix 30x70, totalizando a entrada de 4.000 g da mistura, o que teoricamente promoveu a renovação gradativa do volume de material inicialmente incubado. Para o controle da produção de biogás, utilizou-se o Sistema Automatizado de Medição de Biogás (SAMB) descrito por Konrad et al. (2016), o teor de metano presente no biogás foi monitorado três vezes por semana utilizando o sensor infravermelho Advanced Gasmitter, produzido pela PRONOVA Analysentechnik GmbH & Co. Ao final das alimentações, os reatores foram mantidos sob incubação por uma semana, até atingirem o critério de estabilidade dos volumes da produção de biogás (VDI 4630, 2006). Relacionando a quantidade de gSV introduzidas nos reatores com os volumes de biogás e metano observados durante o experimento, calculou-se o potencial bioquímico de biogás (PBB) e de metano (PBM) para a biomassa avaliada, obtendo-se eficiências de 615,7 $m^3_{BIOGÁS}.ton_{SV}^{-1}$ e 394,3 $m^3_{METANO}.ton_{SV}^{-1}$, com rendimentos estimados de 27,9 $m^3_{BIOGÁS}.ton_{BIOMASSA}^{-1}$ e 17,9 $m^3_{METANO}.ton_{BIOMASSA}^{-1}$. Considerando que cada m³ de biogás com aproximadamente 60 % de metano pode produzir 1,6 kWh de energia, uma tonelada de biomassa poderia gerar 44,6 kWh de energia.

Palavras-chave. Biogás. Metano. Dejeto de aves.

Avaliação da produtividade na fermentação anaeróbia de resíduos de processamento de batatas

Alessandra Cristine Novak Sydney[1], Eduardo Sydney Bittencourt[2], Heder Jobbins de Arruda[3]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, UTFPR Campus Ponta Grossa, PR – Brasil, alessandrac@utfpr.edu.br*

[2, 3] *Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, UTFPR Campus Ponta Grossa, PR – Brasil.*

Resumo

A batata está entre as principais culturas agroindustriais do planeta, e o mesmo se reflete no Brasil. O estado do Paraná se destaca na produção nacional. O seu processamento industrial gera resíduos ricos em matéria orgânica que necessitam de um tratamento especial. A fermentação anaeróbia de matéria orgânica apresenta um potencial de tratamento de resíduos com a cogeração de energia na forma de biogás. Este trabalho teve como objetivo verificar a produtividade da digestão anaeróbia de resíduo de processamento do batatas com condições variadas de diluição e pH. A digestão ocorreu na escala de bancada, em frascos fechados e verificação de volume de gás por deslocamento de água. Obteve-se como melhor resultado 147,74 mlbiogás/gSVT na proporção de 1/3 de substrato em inóculo com a adição de bicarbonato de sódio em 30 dias de fermentação mantida a 30 ºC. O melhor resultado sem a presença do aditivo foi de 46,39 mlbiogás/gSVT nas mesmas condições de diluição, tempo e temperatura. O resultado mostra que há potencial de otimização do processo, a fim de maximizar a produtividade de biogás.

Palavras-chave. Biodigestão, Biogás, Resíduo Agroindustrial, Energia Renovável.

Introdução

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é a terceira cultura alimentar mais importante no planeta, com uma produção anual de 330 milhões de toneladas, sendo 3,5 milhões de toneladas no Brasil (EMBRAPA, 2016). O estado do Paraná se destaca neste cenário, sendo o segundo maior produtor do país, com 646 mil toneladas em 27.943 hectares (PEREIRA, 2011). A maior parte da produção nacional é comercializada in natura, sendo em torno de 10% destinada ao processamento industrial, principalmente nas formas pré-cozida, pré-frita, chips e batata palha (EMBRAPA, 2016).

O processamento industrial, assim como produção agrícola, gera uma grande quantidade de rejeitos, ricos em matéria orgânica, que devem ser tratados a fim de se adequar a legislação vigente e também responsabilidade socioambiental. A digestão anaeróbia surge como uma possibilidade de sanar estas questões, bem como a geração de uma energia limpa e sustentável, o biogás.

O biogás é a mistura gasosa composta basicamente de gás metano e gás carbônico obtida na digestão anaeróbia de matéria orgânica. A biomassa é apontada como uma fonte energética de baixo custo, com o custo de matéria-prima pode ser zero par alguns resíduos produzidos no local, além da economia gerada em processos de eliminação e a contribuição ao meio ambiente (FIEP, 2016).

A eficiência da digestão anaeróbia depende de características físico-químicas da biomassa a ser utilizada e parâmetros do processo, como teor de sólidos, pH, temperatura e alcalinidade, os quais afetam a composição do biogás produzido (KARLSSON et al, 2014). A alcalinidade do meio garante o tamponamento da reação na faixa de pH ideal para a metanogênese e pode ser controlada pela adição de bicarbonato de sódio (KARLSSON et al, 2014; CARAPINHA, 2012).

O objetivo deste trabalho é verificar a produtividade da digestão anaeróbia de resíduo do processamento batatas visando a produção de biogás utilizando como variáveis o teor de sólidos e adição de bicarbonato de sódio.

Material e Métodos

O substrato utilizado é resíduo em uma indústria de processamento de batatas. Como inóculo, foi utilizado lodo anaeróbio da estação de tratamento da mesma indústria. Ao chegar ao laboratório, o resíduo foi armazenado sob refrigeração e o lodo em temperatura ambiente em local escuro.

A série de sólidos seguiu o procedimento padrão do Standard Methods da APHA (2005): realizou-se secagem em estufa a 105 ºC por 24 horas seguido de calcinação a 550 ºC por 20 minutos em triplicata para determinação da série de sólidos, do substrato e do lodo utilizado.

A fermentação ocorreu em frascos de 1 L em banho-maria mantido a 30 ºC com saída de gás para provetas invertidas em frascos com água. O volume de gás foi determinado por deslocamento de água nas provetas. Foram realizadas quatro fermentações simultâneas, variando a proporção de substrato/lodo, sendo os frascos 1 e 3 na proporção de 1/3 de substrato e nos frascos 2 e 4 com 2/3 de substrato. Nos frascos 1 e 2 adicionou-se bicarbonato de sódio até correção do pH para 7,0.

A reação foi mantida pelo tempo necessário para observar a finalização da produção de gás em todos os reatores, sendo este tempo de 30 dias. Os frascos foram agitados manualmente várias vezes ao dia. A produtividade de gás foi calculada dividindo a massa de sólidos voláteis presentes na amostra pela massa de substrato adicionado nos reatores.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na série de sólidos. Sólidos Totais (ST) representa o teor de matéria seca da amostra. É composto de Sólidos Fixos (SF), que representa o teor de cinzas resultantes da calcinação da matéria seca, e Sólidos Voláteis Totais (SVT), o qual é o teor de matéria orgânica com potencial de conversão à metano, portanto é o valor que deve ser considerado para cálculos de inoculação de microrganismos (KARLSSON, 2014). O teor de sólidos do resíduo utilizado neste trabalho varia de acordo com características do lote no qual o produto foi processado. O resíduo bruto utilizado e o lodo apresentaram um teor médio de 7,05% e 0,87% de SVT respectivamente, desta forma o reatores na proporção de 1/3 de

substrato médio de 2,90% de SVT e o reator na proporção de 2/3 de substrato com um teor médio de 4,94% de SVT.

Tabela 1. Série de Sólidos para substrato e lodo anaeróbio (em %).

Parâmetro	Sólidos Totais	Sólidos Fixos Totais	Sólidos Voláteis Totais
Substrato	7,47±0,60	0,42±0,10	7,05±0,67
Lodo	1,38±0.27	0,51±0,06	0,87±0,21
1/3 Substrato + 2/3 lodo	3,38±0.38	0,48±0,07	2,90±0,36
2/3 Substrato + 1/3 lodo	5,39±0.49	0,45±0,09	4,94±0,51

Os valores encontrados na literatura para a série de sólidos com resíduos semelhantes apresentam variação entre si, devido a características específicas. Liang e McDonald (2015) conseguiram resultados mais satisfatórios em termos de volume de gás produzido e teor de metano a partir de resíduos de batata com ST de 6,4% e SVT de 5,2% em comparação a um teor de ST de 9,1% e SVT de 7,3%, o que sugere que com uma diluição maior, a produção tende a aumentar.

Para Karlsson (2014), o valor ideal para Sólidos Totais em digestão anaeróbia está entre 7 e 10%. Uma concentração demasiadamente baixa limita a possibilidade de efeitos de inibição, porém diminui a produção de biogás, ao passo que em uma concentração demasiadamente alta viabiliza a medição, porém pode ocorrer acumulação de ácidos voláteis e amônia, que são inibidores da biodigestão (CAILLOT, 2017).

O pH do resíduo do substrato bruto é de 4,50, subindo para 6,50 após a adição do lodo. O pH ideal para a produção de biogás a partir de resíduos de vegetais segundo vários autores (LIANG e MCDONALD, 2015; ANTWI et al, 2017; CARAPINHA, 2012) está entre 6,50 e 8,00. Valores de pH abaixo desta faixa podem causar precipitação de íons e inibição da ação microbiana, devido a acidificação do meio e permeabilidade da parede celular bacteriana (ARAÚJO, 2017).

Além do pH, a alcalinidade do meio deve ser controlada, afim de garantir a estabilidade do pH (KARLSSON et al, 2014). Desta forma, o pH dos fracos 1 e 2 foi corrigido para 7,0 com a adição de 0,5 g/L de Bicarbonato de Sódio ($NaHCO_3$), garantindo assim a alcalinidade do meio.

O Gráfico 1 apresenta a produção acumulada de biogás em cada um dos reatores, medida através do deslocamento de água em proveta invertida, aplicando a correção de volume para as CNTP e umidade com relação à temperatura, conforme Barana (2000).

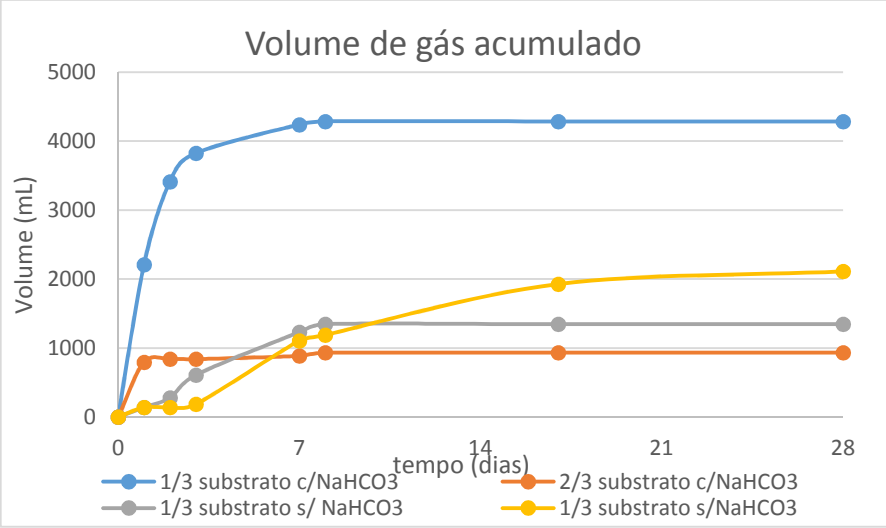


Gráfico 1. Produção acumulada de biogás com correção de volume e umidade.

A Tabela 2 apresenta os valores em termos de volume e produtividade de biogás em cada um dos reatores. O reator 1, com 1/3 de substrato e adição de $NaHCO_3$, apresentou o melhor resultado, com 147,74 $ml_{biogás}/g_{SVT}$. No reator 3, com a mesma proporção de substrato, porém sem $NaHCO_3$, obteve-se 46,39 $ml_{biogás}/g_{SVT}$. Já nos reatores 2 e 4, com proporção de 2/3 de substrato, a produtividade foi menor, com 18,85 $ml_{biogás}/g_{SVT}$ na presença de $NaHCO_3$ e 42,73 $ml_{biogás}/g_{SVT}$ sem o aditivo. O reator 4 apresentou um maior tempo de fermentação.

Tabela 2. Volume e produtividade de biogás.

Reator	Volume de biogás produzido corrigido (ml)	Produtividade (ml gás/ g SVT)
Reator 1 (1/3 substrato c/ NaHCO3)	4286,45	147,74
Reator 2 (2/3 substrato c/ NaHCO3)	931,03	18,84
Reator 3 (1/3 substrato s/ NaHCO3)	1345,85	46,39
Reator 4 (2/3 substrato s/ NaHCO3)	2110,96	42,73

Os resultados indicam um melhor rendimento na proporção de 1/3 com adição de bicarbonato de sódio, porém na proporção de 2/3 a dosagem pode não ter sido a suficiente. Liang e McDonald (2015) conseguiram uma produtividade de 273 ml_{metano}/g_{SVT} com resíduo do processamento de batatas na proporção de 1/2 de substrato/lodo com adição de bicarbonato de sódio. Já Mu et al (2017) obteve 360 ml_{metano}/g_{SVT} em regime semi-contínuo. Carapinha (2012) obteve 4298 ml de biogás em 14 dias de reação, valores aos obtidos neste estudo, apenas com trituração e valores superiores com pré-tratamentos térmicos.

Foram realizadas análises de sólidos totais e voláteis após a fermentação. Considerando os valores indicados na Tabela 1 no início da fermentação, obteve-se uma redução variável de 50 a 75% do teor de sólidos voláteis em cada frasco. Estes resultados indicam que há matéria orgânica volátil em potencial para produção de biogás no fim da reação. O pH do meio após a fermentação indicou que houve acidificação, apesar da presença de bicarbonato de sódio. A acidificação é um fator que pode inibir a reação.

Conclusões

O resíduo analisado apresenta características fundamentais para sua utilização como biomassa na fermentação anaeróbia. A produção de biogás utilizando subprodutos do processamento de vegetais pode gerar redução de custos com destinação final e ainda a produção de uma energia limpa e sustentável.

Os resultados obtidos em termos de produtividade de biogás estão abaixo dos apresentados na literatura, o que indica oportunidades de melhoria no método de quantificação e nas condições de tratamento. O trabalho deve avançar no sentido de investigar as melhores condições operacionais buscando uma maior produtividade, a co-digestão com outros resíduos industriais e ainda a análise da composição química do gás gerado.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da UTFPR por viabilizar o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, L. C. (2017) Potencial bioquímico da produção de metano da fração biodegradável dos resíduos sólidos urbanos de Campinas-SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Unicamp: Campinas.

ANTWI, P.; LI, J.; BOADI, P. O.; MENG, J.; SHI, E.; DENG, K. E BONDINUBA, F. K. (2017) Estimation of biogas and methane yields in an UASB treating potato starch processing wastewater with backpropagation artificial neural network. *Bioresource Technology*, v. 228, p. 106-115.

APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21ª ed. American Public Health Association, Washington.

ARAÚJO, A. P. C. (2017) Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico. Monografia (bacharel em Engenharia Química). UFU: Uberlândia.

BARANA, A. C. (2000) Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica. Tese (Doutorado em Agronomia). UNESP: Botucatu.

CAILLOT, V. A. Avaliação do potencial de produção de biogás dos resíduos da suinocultura codigeridos com resíduos agricultura brasileira. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). UTFPR: Ponta Grossa, 2017.

CARAPINHA, L. C. M. (2012) Efeito de alguns pré-tratamentos na digestão anaeróbia mesofílica de resíduos de casca de batata. Dissertação (mestrado em energias renováveis). UNL: Lisboa.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; DUTRA, F. V.; MELO, T. L. E VIANA, A. E. S. (2017) Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. *Revista de Ciências Agrárias,* v. 40, n. 3.

EMBRAPA (2018). Sistema de produção de batata. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/sistema-de-producao-da-batata.pdf>> Acessos em 03/08/2018.

FIEP. (2016) Oportunidades da cadeia produtiva de biogás para o estado do Paraná. Curitiba: SENAI/PR.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL. C. E.; KOCH, F. F. E PEDROSO, A. G. (2014) Manual Básico de Biogás. 1ª ed. Lajeado: Editora Univates.

LIANG, S.; MCDONALD. A. G. (2015) Anaerobic digestion of pre-fermented potato peel wastes for methane production. *Waste Management*, v. 46, p. 197-200.

MU, H., ZHAO, C., ZHAO, Y., LI, Y., HUA, D., ZHANG, X., XU, H. (2017) Enhanced methane Production by semi-continuous mesophilic co-digestion of potato waste and cabbage waste: performance and microbial characteristics analysis. *Bioresource Technology*, v. 236, p. 68-76.

PEREIRA, A. S. (2011) A evolução da cultura da batata no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, pp 701-710.

Avaliação das culturas perenes *Arundo donax* e Switchgrass (*Panicum virgatum*) para fitorremediação de solos contaminados com metais pesados.

(RESUMO SIMPLES)

Leandro Augusto Gomes[1], Jorge Costa[1,2], Fernando Santos[3], Ana Luisa Fernando[1]

,

[1]*MEtRICs, Departamento de Ciências e Tecnologia da Biomassa (DCTB), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Caparica, Portugal*
[2] *Instituto Superior de Educação e Ciências (ISEC), Lisboa, Portugal*
[3]*Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Porto Alegre, Brasil*

Resumo

Dentre os impactos causados pelo ser humano ao ambiente, a contaminação dos solos merece grande atenção. Esta contaminação dá origem a uma série de problemas ambientais, como a desertificação, a contaminação de recursos hídricos através da lixiviação de contaminantes aos de lençóis freáticos e até mesmo a contaminação de recursos alimentares, o que pode ocasionar uma série de problemas de saúde ao ser humano, direta ou indiretamente. Para prevenir estas situações, a descontaminação dos solos se faz necessária, o que pode ocorrer por diversas técnicas utilizando métodos físicos, químicos ou biológicos. A utilização de plantas para a descontaminação dos solos (fitorremediação) é uma alternativa interessante pois tens a vantagem da biomassa produzida poder ser utilizada para bioenergia ou para bioprodutos. Dadas estas considerações, o principal objetivo deste trabalho é estudar os efeitos de diferentes metais pesados (Zn, Cr, Pb, Cd, Ni, Cu) no crescimento, na produtividade e na qualidade da biomassa de Arundo donax e Panicum virgatum (Switchgrass). As concentrações escolhidas basearam-se nos limites estabelecidos no Decreto-Lei nº 276 de 2009 da regulamentação portuguesa para as contaminações do solo, estabelecendo o regime de aproveitamento do lodo de esgoto em solos agrícolas, considerando o limite máximo de metais pesados e levando em consideração o pH do solo usado no experimento (Zn: 450 mg / kg; Cr: 300 mg / kg; Pb: 450 mg / kg; Cd: 4 mg / kg; Ni: 110 mg / kg e Cu: 200 mg / kg). O experimento foi iniciado em maio/2018, quando os solos foram artificialmente contaminados com sais de metais pesados diluídos em água usada para irrigação. Embora o teste ainda esteja em andamento no momento, alguns pontos já podem ser observados. Tanto o Switchgrass quanto o Arundo podem ser considerados tolerantes à contaminação com Zn e Pb. Para ambas culturas, na contaminação por Ni, Cu e Cd foi observada uma tendência de redução da produtividade. O crescimento de ambas culturas foi significativamente afetado pelo Cr, sendo que, para o Switchgrass, nem se observou produção de biomassa. O próximo passo deste experimento será a avaliação das concentrações de metais na biomassa produzida, bem como em qual parte da planta este metal foi acumulado.

Palavras-chave. Culturas Energéticas. Produção de Biomassa. Bioenergia. Solos Marginais.

Avaliação do comportamento do bagaço de cana-de-açúcar e eucalipto com carvão mineral em processos de fluidização

Angenor Auler[1], Paulo Eichler[2], Fernando Santos[1], Jaqueline de Mattia[1], Guilherme de Souza[3]

1Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, angenor.auler@googlemail.com
2Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do sul.
3Governo do Estado do Rio Grande do Sul.

Resumo

A busca por uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis desenvolveu o setor de energias renováveis. Pode-se destacar a utilização da biomassa para a geração de energia, tanto pela produção de biocombustíveis, como através de rotas termoquímicas, como a combustão e co-'combustão da biomassa por exemplo, gerando calor e eletricidade. A combustão realizada através da utilização de reatores de leito fluidizado traz como principais vantagens o melhor aproveitamento energético dos materiais combustíveis e a menor geração de substâncias poluentes. O sucesso da fluidização dependerá, porém, das características físicas das partículas que irão compor o leito. Devido a forma e a granulometria irregular das partículas de biomassa, e a sua baixa massa específica faz-se necessária a adição de um segundo (ou terceiro) material ao leito para que a fluidização corra. Baseado nisso irá se utilizar como co-compositor do leito o carvão mineral, que é um combustível fóssil e custo relativamente baixo, com reservas distribuídas em todos os continentes e uma forte indústria já estabelecida e a areia. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo principal avaliar e caracterizar o otencial energético e a fluidodinâmica de leitos polidispersos contendo misturas binárias e ternárias de bagaço de cana, eucalipto e carvão mineral, utilizando a areia como material inerte. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas intermediárias: (1) Caracterizar fisicamente a areia, o carvão mineral e os cavacos de eucalipto e bagaço de cana de açúcar; (2) Caracterizar quimicamente os materiais combustíveis; (3) Analisar termogravimetricamente (TGA) os materiais combustíveis; (4) Preparar as misturas contendo 3, 5 e 10% de proporção mássica de material combustível em relação ao leito, e 0, 30 ou 100% de biomassa como material combustível; (5) Determinar as curvas de fluidização e a velocidade de mínima fluidização para um leito polidisperso composto por uma mistura binária ou ternária de material combustível e areia e (6) Investigar o comportamento da fluidização de um leito contendo uma mistura binária ou ternária para diferentes proporções de material combustível e areia. Na caracterização física das partículas foram determinadas a massa específica, a densidade aparente e o diâmetro médio de Sauter. Na caracterização química obteve-se a análise imediata, a análise elementar e o poder calorífico dos materiais combustíveis. No TGA pôde-se verificar o percentual de degradação térmica dos combustíveis em distintas faixas de temperatura. As misturas foram fluidizadas no leito de bancada da Fundação de Ciência e Tecnologia, em Cachoeirinha/RS. Os resultados obtidos indicam a potencialidade do uso dos cavacos de eucalipto, bagaço de cana e carvão mineral como materiais energéticos. Observou-se que o aumento do percentual de biomassa na mistura provocou a queda na perda de carga do leito, indicando a formação de caminhos preferenciais e a necessidade do aumento da velocidade de entrada do fluido no leito para que os caminhos preferenciais fossem desfeitos. Esse aumento de velocidade, por sua vez, provocou o arraste de partículas de biomassa para fora do leito, sendo este um ponto negativo, pois exigirá uma maior quantia de material combustível para a obtenção da energia requerida. Neste sentido, tornam-

se necessários mais experimentos visando obter a maior proporção de biomassa na mistura sem que esta forme caminhos preferenciais.

Palavras-chave: Reator de leito fluidizado. Co-combustão, Fluidização, Potencial energético.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOQUÍMICO DE BIOGÁS E METANO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA CARNE DE PEIXE

Marina Regina Peiter[1], Francielle Bucker[2,3], Odorico Konrad[2,3]

[1]*Bolsista de Iniciação Científica no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil, marina.peiter@universo.univates.br.*

[2]*Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari - Univates.*

[3]*Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) - Universidade do Vale do Taquari, Univates.*

Resumo

Após o processo de filetagem da carne de peixe, para fins de consumo na alimentação humana, estima-se que mais da metade do animal seja tratada como resíduo (BERMÚDEZ-PENABAD, 2017). Normalmente, este resíduo é encaminhado para a compostagem. Considerando o alto teor de lipídios e proteínas desta carne, o presente estudo avaliou o potencial de produção de biogás e metano obtido a partir das sobras do processo de filetagem de peixe, submetidas ao processo de digestão anaeróbia. O experimento foi executado no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis – CPETS - TECNOVATES na Universidade do Vale do Taquari - Univates. Os resíduos utilizados foram coletados em um frigorífico localizado no Vale do Taquari/RS, sendo triturados em um liquidificador industrial. Foram preparadas 4 triplicatas, sendo estas: Inóculo (IN) como branco, Celulose Microcristalina como padrão, Carcaça e Vísceras (CV) e uma mistura (CVS) de carcaça e vísceras (90%), soro de leite (2,5%) e melado (7,5%). Após realizar a análise de sólidos totais (ST) e voláteis (SV) de todos os materiais, os reatores de amostra foram compostos conforme premissas da Normativa VDI 4630 (2006), respeitando-se a proporção de SV de inóculo e amostra de 2:1 e percentual máximo de ST na mistura de 10%. Desta forma, as triplicatas foram incubadas e realizou-se o monitoramento do volume de biogás produzido, em Sistema Automatizado de Medição de Biogás (SAMB) descrito por Konrad et al. (2016). Três vezes por semana o gás produzido foi coletado e inserido em um sensor infravermelho Advanced Gasmitter, produzido pela PRONOVA Analysentechnik GmbH & Co, o qual identifica o teor de metano presente no biogás. O experimento foi mantido até atingir o critério de estabilidade dos volumes diários de biogás produzidos, sendo estes inferiores a 1% do volume total acumulado por no mínimo três dias. Desta forma, o tempo de detenção hidráulica observado para as triplicatas foi de 21 dias para a combinação CVS e 17 dias para CV. A triplicata padrão atingiu produtividade de biogás esperada, validando o experimento. Com base nos resultados, o Potencial Bioquímico de Biogás (PBB) obtido para CV foi de 1.251,92 $m^3_{BIOGÁS}.ton_{SV}^{-1}$ e Potencial Bioquímico de Metano (PBM) de 755,08 $m^3_{METANO}.ton_{SV}^{-1}$ enquanto que para CVS o PBB e PBM foram de 1.143,48 $m^3_{BIOGÁS}.ton_{SV}^{-1}$ e 695,96 $m^3_{METANO}.ton_{SV}^{-1}$, respectivamente. Em situações reais pode haver a necessidade de ensilar o resíduo de peixe, para fins de conservação e armazenamento, antes da sua utilização reator anaeróbio. Um meio de fazer isso, é realizando a ensilagem biológica, conforme tratamento adotado na CVS. Por este motivo na triplicata de CVS foi utilizado 10% a menos de resíduo de peixe na composição, sendo esta massa correspondente ao soro de leite e ao melado. Este pré-tratamento do resíduo não acarretou em diferenças significativas no rendimento final de biogás, quando comparado a CV.

Palavras-chave. Biogás. Resíduo de peixe. Metano.

BIODIGESTÃO ANAERÓBIA APLICADA A RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DA FABRICAÇÃO DE VINHO

Marciana Cechin[1], Camila Hasan[2], Marildo Guerini Filho[3], Odorico Konrad

[1] *Bolsista de Iniciação Científica no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS/TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari- Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil - marciane.cechin@universo.univates .*

[2] *Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS/TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari- Univates.*

[3] *Engenheiro Ambiental, Mestre em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.*

[4] *Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) - Universidade do Vale do Taquari- Univates*

Resumo

A atividade vitivinícola representa um dos principais setores da indústria gaúcha. De acordo com o Instituto Brasileiro do Vinho (IBRAVIN, 2019), o Brasil é o 13º maior produtor de vinho no mundo. Cada etapa do processo de fabricação do vinho gera grandes volumes de efluentes ricos em compostos orgânicos e fenólicos, nitratos, fosfatos, além de resíduos sólidos como a Terra Filtrante, resíduo resultante do processamento da uva (DA ROS et al., 2017). Sistemas de digestão anaeróbia podem ser uma alternativa inovadora para a conversão destes resíduos em energia, proporcionando benefícios e melhorias no tratamento e, consequentemente, reduzindo o potencial poluidor dos resíduos orgânicos gerados. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar biomassas residuais e avaliar seus potenciais bioquímico de biogás (PBB) e de metano (PBM). O experimento foi conduzido em batelada no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis - CPETS do Parque Tecnológico da Univates - Tecnovates. Inicialmente, as biomassas foram caracterizadas através das análises de Sólidos Totais (ST) e Voláteis (SV) e de pH. Utilizou-se 9 reatores com capacidade de 1 litro preenchidos com 500 g de inóculo e biomassa. As biomassas utilizados eram o efluente bruto, o lodo da estação de tratamento e terra filtrante oriundos de uma vinícola. As proporções utilizadas para preenchimento dos reatores foram definidas através de premissas da norma alemã VDI 4630 (2006). Os reatores ficaram mantidos em incubadora bacteriológica com temperatura mesofílica (37 ºC). Para monitoramento e quantificação da produção de biogás, conectou-se os reatores em um Sistema Automatizado de Medição de Biogás(SAMB), composto por tubos em "U" e sensores fotoelétricos que identificam o deslocamento de fluido no tubo para registro da produção gasosa (Konrad et al., 2016). Para identificação da qualidade do biogás produzido foram realizadas análises do teor de metano através do sensor específico Advanced Gasmitter, produzido pela PRONOVA Analysentechnik GmbH & Co. Após 38 dias de incubação encerrou-se as triplicatas com base no critério de estabilidade dos volumes e os resultados obtidos de PBB e PBM foram de 1.988,6 $m^3_{BIOGÁS}\ ton_{SV}^{-1}$ e 781,6 $m^3_{METANO}\ ton_{SV}^{-1}$ para o efluente bruto, 432,2 $m^3_{BIOGÁSs} ton_{SV}^{-1}$ e 204,7 $m^3_{METANO}\ ton_{SV}^{-1}$ na triplicata de lodo. Na terra filtrante, o potencial foi de 796,4 $m^3_{BIOGÁS}\ ton_{SV}^{-1}$ e 406,7 $m^3_{METANO}\ ton_{SV.}^{-1}$ As três biomassas apresentaram eficiências na geração de biogás e metano, elucidadas com base nos potenciais calculados. Todos demonstram a possibilidade de utilizar estes resíduos em reatores anaeróbios com

a finalidade de recuperação energética. Considerando que o efluente bruto possui 0,3% de ST e 49,76% de SV, e seu PBB e PBM estão expressos com base nos SV, para produzir volumes de biogás representativos em escala é necessário considerar a vazão de geração deste efluente.

Palavras-chave. Biomassa, Biogás, Resíduo agroindustrial, Vinícola.

Bioenergia como valor agregado à biomassa de espécies para remediação de solo com resíduos de diclosulam

Gabriela Madureira Barroso 1[1], Cícero Teixeira da Silva 2[1], Tamara Kelly Marques Rocha Nunes 3[1], Cláudia Eduarda Borges 4[1], José Barbosa dos Santos 4[1]

[1]*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, gabi.m.b@hotmail.com*

Resumo

A utilização de espécies vegetais fitorremediadoras para a produção de bioetanol a partir da biomassa lignocelulósica é proposta de agregação de valor no processo de fitorremediação. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desenvolvimento espécies vegetais em solo com resíduos do herbicida diclosulam e estimar o teor de açúcares fermentáveis. O Experimento foi conduzido em campo, onde foram avaliadas as características fisiológicas, biomassa e taxa de cobertura das espécies em solo com resíduos do herbicida diclosulam. Os tratamentos foram delineados em blocos ao acaso, dispostos em esquema fatorial 8x2 com quatro repetições, constituídos por oito espécies (Avena sativa, Canavalia ensiformes, Crotalaria ochroleuca, Mucuna aterrima, Panicum maximum, Pennisetum glaucum, Raphanus sativus e Urochloa decumbens) e pela presença ou não do herbicida diclosulam no solo (30 g ha^{-1}). A relação fv/fm foi semelhante entre plantas e nos tratamentos com e sem diclosulan. Não houve diferença para a taxa de transporte de elétrons para os tratamentos com herbicida. A espécie A. sativa apresentou melhor desempenho no tratamento contendo herbicida para a cobertura do solo. Na presença do herbicida, A. sativa e P. glaucum produziram as maiores concentrações de açúcares fermentáveis, seguidas das espécies M. aterrima e C. ensiformes. A presença do herbicida não influenciou a concentração total destes açúcares, nas espécies A. sativa, C. ensiformes e M. aterrima. Conclui-se que as espécies com maior potencial para programas de fitorremediação e produção de bioetanol de segunda geração em solos com resíduos do diclosulam são A. sativa, C. ensiformis e M. aterrima.

Palavras-chave. Agricultura sustentável. Agroenergia. Fitorremediação. Herbicida residual.

Introdução

O uso da biomassa para fins energéticos, em particular, para obtenção de biocombustíveis pode substituir ou complementar os derivados do petróleo (Díaz-Chávez, 2015). O processo de produção de bioetanol a partir de biomassas lignocelulósicas está baseado na conversão dos açúcares procedente da celulose e hemicelulose mediante a fermentação com microrganismos específicos (Garcia, 2016).

Pesquisas apontam necessidade de produção de alimentos com menor agressão ao meio ambiente (Humpenoder et al., 2018). A deposição de agrotóxicos residuais no solo é efetiva fonte de contaminação (Wang et al., 2018). O intenso uso de herbicidas pode constituir um problema na rotação de culturas ou em cultivos integrados. Herbicidas com efeito residual restringem as opções de cultivo sequenciais (Cholette et al., 2017).

O herbicida diclosulam pertence ao grupo das triazolopirimidinas, possui classificação taxológica-Classe III, é registrado no Brasil para aplicação em soja e cana-de-açúcar (Brasil, 2018). Esse herbicida apresenta efeito residual que pode variar em função da umidade, teor de argila e matéria orgânica do solo (Lavorenti et al., 2003). O diclosulam evita o fluxo de emergência de novas plantas daninhas no estabelecimento inicial da soja e cana.

Para mitigar estes efeitos danosos dos herbicidas residuais no solo, a fitorremediação pode ser uma estratégia viável e é definida como uso de plantas associadas ou não a microrganismos que são capazes de remover, conter ou degradar diferentes tipos de poluentes (Adki et al., 2014), dentre eles, os herbicidas.

A utilização da biomassa de espécies fitorremediadoras para a produção de bioenergia é uma alternativa que pode agregar recurso financeiro em áreas com resíduos do herbicida diclosulam, que impede a rotação de culturas que são sensíveis a este herbicida.

O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de espécies forrageiras fitorremediadoras de resíduos diclosulam no solo para a produção de bioenergia.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) em Diamantina-MG. O clima do local do experimento é mesotérmico, Cwb na classificação de Köppen, com verões amenos e úmidos, invernos frios e secos e pequenas mudanças ocorridas nos meses de maio e setembro. O solo do experimento foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico, apresenta classificação textural tipo areia-franca.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 8x2, sendo o primeiro fator constituído pelas espécies *Avena sativa, Canavalia ensiformes, Crotalaria ochroleuca*, *Mucuna aterrima*, *Panicum maximum*, *Pennisetum glaucum, Raphanus sativus e Urochloa decumbens* e o segundo, pela presença ou não do herbicida diclosulam no solo.

As parcelas experimentais possuíam dimensões de 3,0 x 2,5 m. Para o plantio das espécies, realizou-se o preparo convencional do solo (aração seguida de gradagem). A adubação foi realizada segundo as exigências nutricionais de cada espécie e a calagem foi feita em área total para elevar a saturação por bases a 60%, conforme recomendado pelo manual da adubação e calagem (Novais et al., 2007). Após a semeadura as parcelas experimentais mantiveram-se irrigadas.

A dose de herbicida aplicada foi de 35,7 g ha^{-1} do produto comercial Spider 840 WG (equivalente a 30g ha^{-1} do diclosulam) um dia antes da semeadura das espécies.

Avaliações fisiológicas das plantas foram realizadas aos 20 dias após a aplicação dos herbicidas. As medições da fluorescência da clorofila foram realizadas após 30 minutos de adaptação ao escuro.A razão entre a fluorescência variável e fluorescência máxima da *clorofila a* (Fv/Fm) e a taxa de transporte de elétrons (ETR – µmols elétrons m^{-2} s^{-1}) foram mensuradas com o auxílio do aparelho JUNIOR-PAM.

Aos 40 dias após semeadura, a estimativa da porcentagem de cobertura vegetal foi realizada com base em escala de valor de zero a cem (onde zero equivale à ausência de plantas na parcela e cem equivale à parcela totalmente coberta por plantas).

A coleta das amostras das plantas de cobertura para quantificação dos açúcares da biomassa ocorreu aos 40 dias após semeadura (DAS) para as espécies: *A. sativa*, *C. ensiformes*, *M. aterrima* e *P. glaucum* e aos 60 DAS para as espécies: *C. ochroleuca*, *P. maximum*, *R. sativus* e *U decumbens*. Foram coletados cinco indivíduos no centro da parcela e em seguida, lavados em água corrente e água destilada e acondicionadas na estufa de circulação de ar forçado a 70 ºC até atingir peso constate para posterior moagem a 5mm.

Estas amostras foram embaladas a vácuo, seladas e encaminhadas para o Departamento de Engenharia Química, Ambiental e dos Materiais da Universidade de Jaén – Espanha, onde se realizou a quantificação dos açúcares lignocelulósicos. A caracterização dos açúcares da biomassa foi realizada conforme procedimento descrito por NREL (National Renewable Energy Laboratory, 2012). Os açúcares monoméricos foram quantificados (após a hidrólise, 30 min, 120 °C, 3% de ácido sulfúrico) e o teor de manitol for determinado por HPLC em extrato aquoso produzido na etapa de quantificação dos extrativos ("Extrativos em biomassa").

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias significativas, comparadas pelo teste de Tukey 5% de significância.

Resultados e Discussão

A relação fluorescência variável/fluorescência máxima (relação Fv/Fm) das plantas foi semelhante entre espécies e entre tratamentos com e sem o diclosulan (Tabela 1).

Em todos os tratamentos avaliados os valores da relação Fv/Fm permaneceram dentro da faixa 0,75 a 0,85. Essa faixa indica ausência de danos provocados pelo herbicida ao aparato fotossintético das espécies avaliadas. O valor da relação Fv/Fm foi proporcional ao rendimento quântico da fase fotoquímica da fotossíntese. Declínio da relação Fv/Fm é indicador do dano fotoinibitório quando plantas estão sujeitas a estresses do ambiente (seca e frio, por exemplo) ou proporcionado por poluentes ou herbicidas (Ferreira et al., 2015). Os valores de Fv/Fm para as plantas de cobertura indicam bom estado fisiológicos, sem qualquer efeito de estresse proporcionado pela aplicação do diclosulam.

A taxa de transporte de elétrons (*ETR*) foi diferente entre as espécies avaliadas, sendo maior para *A. sativa* e *P. glaucum* em solo sem herbicida e não houve diferença para os tratamentos com e sem herbicida para cada espécie (Tabela 1).

A taxa de transporte de elétrons (ETR) proporciona informações valiosas sobre a eficiência quântica da fase fotoquímica e dissipação de calor. Esse indicador é importante para a fotossíntese das plantas e, em última análise, a produtividade, pois é utilizada para fornecer energia e reduzir o poder de assimilação de CO_2. As espécies C. ensiformes e M. aterrima foram com menores valores de ETR. Dessa forma, pode-se presumir que essas espécies tiveram menor eficiência fotossintética na presença dos herbicidas do que as outras.

A espécie *A. sativa* foi a que apresentou melhor desempenho no tratamento contendo herbicida para a cobertura do solo (CS%). O herbicida diminuiu a cobertura do solo de *P. glaucum* (de 83 para 26%) (Tabela 1).

O diclosulam por ser um herbicida inibidor a enzima ALS apresenta efeito indireto no aparato fotossintético. Esse herbicida pertence ao grupo das triazolopirimidinas sulfonamidas que competem com o aminoácido leucina pela ligação à acetolactato sintase afetando a síntese de proteínas (Marchioretto e Magro, 2017). Foi possível distinguir dois grupos de plantas para as análises fitotécnicas quanto à sensibilidade ao diclosulam. As espécies *A. sativa*, *C. ensiformis* e *M. aterrima* não foram afetadas pelos resíduos do herbicida. As

demais espécies apresentaram menores valores de taxa de cobertura do solo quando cultivadas em solo contaminado. Esse resultado é interessante, pois a aplicabilidade da fitorremediação como inovação tecnológica de limpeza de áreas com resíduos do diclosulam dependerá não somente da capacidade remediadora da espécie vegetal, mas também da sua viabilidade competitiva frente às demais espécies daninhas na área.

Tabela 1. Médias das variáveis Fv/Fm, ETR e cobertura do solo das espécies vegetais com os tratamentos com herbicida (C/H) e sem herbicida (S/H).

Espécies	Relação Fv/Fm		Taxa de transporte de elétrons (ETR)		Cobertura do solo (%)	
	C/H	S/H	C/H	S/H	C/H	S/H
A. sativa	0,83 aA	0,79 bA	16,93 aB	21,38 aA	43 a A	53 a B
C. ensiformis	0,81 aA	0,83 aA	19,30 aB	19,65 aB	24 a B	15 a C
P. glaucum	0,83 aA	0,82 aA	21,93 aA	23,85 aA	26 b B	83 a A
M. aterrima	0,79 aA	0,76 aA	22,13 aA	18,13 aB	15 a B	23 a C
CV(%)	3,08		27,28		26,96	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste F a 5% de significância e maiúscula na coluna não difere entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Na presença do herbicida, *A. sativa* e *P. glaucum* produziram as maiores concentrações de açúcares fermentáveis, seguidas das espécies *M. aterrima* e *C. ensiformes*. A presença do herbicida diclosulam não influenciou a concentração total destes açúcares, nas espécies *A. sativa*, *C. ensiformes* e *M. aterrima*.

A variação na concentração dos açúcares pode ocorrer em função des variações ambientais na ausência do herbicida. No entanto, quando as plantas foram submetidas ao herbicida pode-se associar a variação da concentração dos açúcares ao efeito do estresse causado pelo herbicida diclosulam, que atua inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), a qual é essencial para a síntese de aminoácidos valina, leucina e isoleucina (Fartyal et al., 2018).

Tabela 2. Produção de açúcares fermentáveis em função das espécies de cobertura e presença de resíduos do herbicida diclosulam (30 g/ha).

Resíduos de herbicida	*A. sativa*	*C. ensiformis*	*P. glaucum*	*M. aterrima*
Sim	49,58±1,84Aa	25,77±0,72Ca	50,25±0,98Ab	30,23±1,62Ba

Não	47,27±1,17Ba	24,49±0,87Da	54,42±1,09Aa	28,96±1,14Ca

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo Teste F a 5% de significância e maiúscula na coluna não difere entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Conclusões

As espécies com maior potencial para programas de fitorremediação associada à produção de bioetanol são *Avena sativa*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna Aterrima*.

Agradecimentos

UFVJM, CAPES, FAPEMIG, CNPq, Universidade de Jaén.

Referências Bibliográficas

ADKI, Vinayak S.; JADHAV, Jyoti P.; BAPAT, Vishwas A. At the cross roads of environmental pollutants and phytoremediation: a promising bio remedial approach. *Journal of plant biochemistry and biotechnology*, v. 23, n. 2, p. 125-140, 2014.

Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento-MAPA. Agrofit- Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: Abril de 2018.

CHOLETTE, Taïga B. et al. Effect of soybean and winter wheat herbicides on oilseed radish establishment and growth. *Canadian journal of plant science*, v. 97, n. 6, p. 1175-1184, 2017.

DIAZ-CHAVEZ, Rocio. Assessing sustainability for biomass energy production and use. In: The Biomass Assessment Handbook. *Routledge*, 2015. p. 199-227.

FARTYAL, Dhirendra et al. Developing dual herbicide tolerant transgenic rice plants for sustainable weed management. *Scientific reports*, v. 8, n. 1, p. 11598, 2018.

FERREIRA, Evander Alves et al. Respostas fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas Cassava physiological responses to the application of herbicides. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 2, p. 645-656, 2015.

GARCÍA, Araceli; ALRIOLS, María González; LABIDI, Jalel. Evaluation of different lignocellulosic raw materials as potential alternative feedstocks in biorefinery processes. *Industrial Crops and Products*, v. 53, p. 102-110, 2014.

HUMPENÖDER, Florian et al. Large-scale bioenergy production: how to resolve sustainability trade-offs?. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 2, p. 024011, 2018.

LAVORENTI, A. et al. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 1, p. 183-190, 2003.

MARCHIORETTO, Lucas De Ross; DAL MAGRO, Taísa. Weed control and crop selectivity of post-emergence herbicides in common beans. *Ciência Rural*, v. 47, n. 3, 2017.

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2012). Biomass Compositional Analysis Laboratory Procedures. Washington D.C., EE.UU. https://www.nrel.gov/bioenergy/biomass-compositional-analysis.html

Novais, R.F.; Venegas, V.H.A.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.; Reinaldo, R.B. & Neves, J.C.L. 2007. Fertilidade de solo. Editora UFV, Viçosa, 1ª Ed., 1017p.

WANG, Qinghai et al. Effect of grass hedges on runoff loss of soil surface-applied herbicide under simulated rainfall in Northern China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 253, p. 1-10, 2018.

Biomassa Oliveira: Cenário atual perspectivas

Jonathan Alves[1]*; Lucas Azevedo[1]; Fernando Santos[1]; Jaqueline de Mattia[1]; Rogério Lourega[2]*

[1] *Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Jonathannunes127@gmail.com*

[2] *Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do sul.*

Resumo

A biomassa oliveira Olea europaea L. pertence à família das Oleáceas que contempla 35 espécies do gênero Olea, sendo a única que possui frutos comestíveis. É uma planta de origem mediterrânea, e atualmente pode ser encontrada em diferentes partes do mundo. O cenário para o cultivo de oliveiras converge para a produção dos frutos para a mesa e óleo, sendo este último, amplamente utilizado para o consumo humano. A produção mundial se concentra nos países que possuem tradição no consumo dos produtos da oliveira, seja azeite ou fruto. Sendo a Espanha líder mundial com uma produção de 4,5 milhões de toneladas, seguida da Grécia com 2,5 milhões de toneladas. O Brasil é um mercado em expansão e sua produção representa cerca de 2% da produção mundial. A região sudeste representa 50% dessa produção, tendo produzido 107 mil litros de azeite no ano de 2017. Conforme cresce a importação dos produtos de oliveiras, a produção cresce proporcionalmente com o investimento de pequenos e grandes empresários. A região sul tem se destacado na produção de azeite de oliva, pois mesmo com adversidades, como uma geada severa, a produção fora 55 mil litros de azeite em 2017. Pequenos e médios agricultores acabam por contribuir com uma parcela mínima nos recursos e tributação vigente e mesmo que haja um incentivo governamental para otimizar a gestão dos resíduos, a falta de conhecimento dos produtores ocasiona no desperdício de um grande potencial energético. A árvore de oliveira pode ser subdividida entre galhos, folha. Em uma poda típica as folhas correspondem a aproximadamente 25% do peso dos resíduos da poda, os galhos mais finos correspondem a 50% e os galhos mais grossos a 25% embora os valores possam variar. Similar a outras biomassas, a composição básica das podas é baseada em uma estrutura recalcitrante de celulose (25%), hemiceluloses (15,8%) e lignina (16,6%).Os teores desses compostos podem variar devido a inúmeras causas, como a irrigação, variedades da planta, condições edafoclimáticas e disponibilidade de adubo. Os resíduos agrícolas gerados no cultivo de oliveiras são aproveitados como adubo orgânico para as arvores, ou consumidos na forma de energia térmica. Além dos resíduos gerados pela poda, a extração de azeite gera subprodutos que tem se tornado um problema ambiental devido a dificuldade no descarte dos bagaços e efluente liquido composto pela água descartada no processo e um alto teor de matéria orgânica. Estudos já realizados indicam que a cada 1.000 kg de azeitonas processadas, cerca de 800 kg de resíduos são produzidos. Assim, o objetivo do presente trabalho é a investigação das composições dos resíduos descartados, e desta forma determinar os possíveis métodos e rotas de conversão alternativas, com o intuito de gerar produtos com maior valor agregado.

Palavras-chave. Biorrefinaria, Oliveiras, sustentabilidade.

Referências

1 - CARA, Cristóbal et al. Production of fuel ethanol from steam-explosion pretreated olive tree pruning. Fuel, [s.l.], v. 87, n. 6, p.692-700, maio 2008. Elsevier BV.
2 - CAVALHEIRO, Caroline Viegas et al. Composição química de folhas de oliveira (Olea europaea L.) da região de Caçapava do Sul, RS. Ciência Rural, [s.l.], v. 44, n. 10, p.1874-1879, out. 2014. FapUNIFESP (SciELO).
3 - ROMERO-GARCÍA, J.m. et al. Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. Bioresource Technology, [s.l.], v. 159, p.421-432, maio 2014.Elsevier BV.
4 - SILVA, Luiz Fernando de Oliveira da. Caracterização agroindustrial de cultivares de oliveira com potencial econômico para o sul de Minas Gerais. 2011.84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia/fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
5 - TOLEDANO, Ana; ALEGRÍA, Irantzu; LABIDI, Jalel. Biorefining of olive tree (Olea europea) pruning. Biomass And Bioenergy, [s.l.], v. 59, p.503-511, dez. 2013.Elsevier BV.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DO CARVÃO VEGETAL COMERCIALIZADO NA REGIAO SERRANA SUL DE SANTA CATARINA

Guilherme Galeski[1], Martha Andreia Brand [2], Julio Peretti da Silva [3], Rodolfo Cardoso Jacinto [4], Djeison Felipe Voos[5]

[1]*Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, bolsista de iniciação científica – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC, Lages, SC, Brasil – guidggaleski@gmail.com.*

[2] *Engª Florestal, Drª, Depto de Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil.*

[3]*Engº Florestal, Mestrando no programa de pós-graduação em Eng Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil.*

[4] *Engº Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil.*

[5] *Mestrando no programa de pós-graduação em Eng Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil.*

Resumo

Para o carvão vegetal ser considerado de boa qualidade para o uso doméstico é necessário que o mesmo possua alto poder calorífico e baixos teores de umidade, materiais voláteis e cinzas. O objetivo deste trabalho foi analisar a variação nas propriedades físicas e mecânicas de diferentes marcas de carvão vegetal comercializadas para churrasco. O estudo foi realizado na região serrana sul de Santa Catarina, onde foram adquiridas no comércio local 12 marcas de carvão vegetal. Para cada propriedade analisada foram realizadas 3 repetições em um Delineamento Inteiramente Casualizado. Os valores médios foram submetidos ao teste de médias de Scott-Knott. A densidade relativa aparente variou de 0,245 a 0,487 g.cm-3; densidade relativa verdadeira de 1,18 a 1,51 g.cm-3; a porosidade foi de 60,94 a 83,77%; e teor de finos variou de 11,14 a 17,98%. Os resultados mostraram uma alta densidade relativa aparente e baixa porosidade, o que são aspectos positivos. As marcas que tiveram melhor qualidade nas propriedades físicas e mecânicas foram as de acácia negra. Nenhuma das marcas analisadas atendeu na integra a Resolução nº 40 SAA/2015.

Palavras-chave. *Produtos energéticos florestais. Churrasco. Resolução nº 40 SAA/2015.*

Introdução

O principal uso do carvão vegetal no Brasil é na indústria siderúrgica. No entanto, este biocombustível também é utilizado para outros fins, tais como: cocção de alimentos, lareiras, termoelétricas, indústria cimenteira, purificação de água e bebidas, indústria farmacêutica, filtros de máscaras contra gases, dentre outros (Dias Junior et al., 2015). No sul do Brasil, o uso do carvão vegetal está muito mais ligado ao consumo doméstico para cocção de alimentos

do que à siderurgia, diferentemente de outras regiões do Brasil. Isso porque este produto está intimamente ligado à cultura do churrasco (NORILER; FACHINELLO,2013).

No Brasil, a normativa mais recente a este respeito é a Resolução nº 40 SAA/2015, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, que altera a Resolução SAA 10, de 11 de julho de 2003. Esta normativa define os padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal, como base para Certificação de Produtos pelo Sistema de Qualidade de Produtos Agrícolas, Pecuários e Agroindustriais do Estado de São Paulo. O controle de qualidade do carvão vegetal para uso doméstico é feito na normativa por meio da definição das caraterísticas físicas e químicas do produto (SÃO PAULO, 2015). Quanto às características físicas, o carvão vegetal deve ser constituído por pedaços sólidos, os quais, quando depositados a granel apresentem densidade acima de 200 kg.m-³ (SÃO PAULO, 2015).

Trabalhos que avaliem a qualidade do carvão vegetal para uso doméstico são fundamentais para fornecer diretrizes ao poder público para instituir normativas para o controle de qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos em outros Estados brasileiros, a exemplo que do que tem sido feito no Estado de São Paulo. Contudo, o objetivo desse trabalho foi avaliar propriedades físicas e mecânicas do carvão vegetal das principais marcas comercializadas na região serrana sul do estado de Santa Catarina com o intuito de fornecer diretrizes ao poder público para instituir normativas.

Materiais e Métodos

Inicialmente foram visitados estabelecimentos comerciais como supermercados, panificadoras e postos de gasolina que vendiam carvão vegetal nos municípios componentes da região serrana sul de Santa Catarina (Mesoregião de Lages) para o levantamento de todas as marcas vendidas na região. Com base nestes dados, os estabelecimentos foram classificados segundo seu porte (grandes – hipermercados; médios – mercados regionais, postos de gasolina e panificadores e pequenos – mercearias locais, postos e panificadoras de pequeno porte, somente com uma unidade no município ou região); público atendido e preço do carvão vegetal.

Assim, foram selecionados 18 estabelecimentos comerciais, entre grandes, médios e de pequeno porte que possuíssem pelo menos uma das marcas mais comuns encontradas no levantamento prévio. Assim, foram compradas 12 marcas (tratamentos) de carvão vegetal (Tabela 1) nos municípios de Lages, Urubici, Curitibanos, Anita Garibaldi, Campo Belo do Sul, Capão Alto e Cerro Negro, para cada marca foi misturado o conteúdo das embalagens e retirada uma amostra de 500 g de carvão vegetal que foi moída e utilizada para as análises.

Tabela 1: Descrição das marcas de carvão vegetal coletadas na região do Planalto Sul Catarinense.

Composição da amostra de carvão segundo informações da embalagem	Município de registro da empresa envasadora ou produtora da marca do carvão vegetal
A (Eucalipto)	Grão Pará/SC
B (Acácia negra)	Brochier/RS
C (Acácia negra)	Indaial/SC
D (Eucalipto)	Lages/SC
E (Acácia negra)	Sem identificação na embalagem
F (Acácia negra)	Brochier/RS
G (Essências florestais diversas)	Santa Cecília/SC
H (Essências exóticas e nativas)	Aurora/SC
I (Essências florestais diversas)	Grão Pará/SC
J (Acácia negra)	Concórdia/SC
K (carvão vegetal especial granulado)	Lages/SC
L (Eucalipto e bracatinga)	Colombo/PR

As análises físicas e mecânicas realizadas foram: densidade relativa aparente determinada pelo método hidrostático, usando-se a água como líquido deslocado; densidade relativa verdadeira, através do método do picnômetro, conforme norma NBR9165 (ABNT, 1985b) e porosidade conforme a Norma ASTM D 167-73 (ASTM, 2012), pela relação entre a densidade relativa aparente e a densidade relativa verdadeira do carvão vegetal. O índice de quebra e abrasão do carvão vegetal foi determinado por meio do teste de tamboramento, conforme a norma da NBR 8740 (ABNT, 1985a).

Os tratamentos (marcas de carvão vegetal) com 3 repetições para cada propriedade, foram submetidos a análises estatísticas pelo Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no programa R (R CORE TEAM, 2015), utilizando o teste de Scott-Knott com nível de 95% significância, admitindo um erro de 5%.

Resultados e Discussão

Com relação as propriedades físicas e mecânicas do carvão vegetal houve efeito significativo da marca para todas as características analisadas (Tabela 2). Pode-se destacar ainda que o coeficiente de variação entre as marcas foi baixo, indicando pequena dispersão dos dados. Para a densidade relativa aparente (DRA), o teste de médias indicou que houve variação entre as amostras. As marcas com maior DRA formaram um grupo com quatro marcas de carvão vegetal de acácia negra, uma marca de eucalipto e uma marca de eucalipto com bracatinga. A marca com o menor valor de DRA foi de essências exóticas e nativas, sem especificação das espécies componentes do carvão, sendo diferente estatisticamente de todas as demais marcas.

Tabela 2: Propriedades físicas do carvão vegetal comercializado na região de Lages, Santa Catarina, Brasil.

Amostra	DRA ($g.cm^{-3}$)	DRV ($g.cm^{-3}$)	PO (%)	Finos (%)
A(Eucalipto)	0,488 a	1,25 b	60,94 h	15,37 b
B(Acácia Negra)	0,400 b	1,18 b	62,07 h	12,43 d
C(Acácia Negra)	0,447 a	1,23 b	63,56 g	15,40 b
D(Eucalipto)	0,359 c	1,28 b	71,98 d	16,63 b
E(Acácia Negra)	0,465 a	1,36 a	65,76 f	11,14 e
F(Acácia Negra)	0,465 a	1,37 a	66,04 f	12,10 d
G(Essências flor. diversas)	0,295 d	1,47 a	79,98 b	17,90 a
H(Essências exót. e nativas)	0,245 e	1,51 a	83,77 a	17,98 a
I(Essências flor. diversas)	0,413 b	1,40 a	70,57 d	15,76 b
J(Acácia Negra)	0,442 a	1,39 a	68,32 e	13,83 c
K(Carvão vegetal Esp. Granulado)	0,376 b	1,45 a	74,08 c	15,06 b
L (Eucalipto e Bracatinga)	0,446 a	1,43 a	68,86 e	15,85 b
Média	0,403	1,36	69,66	14,95
CV (%)	4,710	6,14	01,43	03,79
Mínimo	0,245	1,18	60,94	11,14
Máximo	0,487	1,51	83,77	17,98

Em que: Densidade relativa aparente (DRA); Densidade relativa verdadeira (DRV); Porosidade (PO). Médias seguidas da mesma letra não têm variação estatística significativa para o Teste de Scott-Knott (P > 0,05).

A DRA média do carvão vegetal foi alta sendo similar ao citado por Trugilho et al. (2001), que em dez clones de Eucalyptus encontrou o valor médio de 0,448 g.cm-3. Rosa et al. (2012) obtiveram 0,377; 0,373 e 0,379 g.cm-3. A Resolução nº 40 SAA/2015 (SÃO PAULO, 2015), determina que a DRA deve ser de pelo menos 0,200 g.cm3. Neste contexto, todas as marcas analisadas atendem a este quesito de qualidade. Com relação a esta propriedade, deve-se considerar ainda que carvões mais pesados, queimam por mais tempo, gerando calor de forma mais homogênea o que é preferido pelos consumidores em geral. Para a densidade relativa verdadeira (DRV) houve variação entre as marcas.

Os maiores valores de DRV foram de três marcas de acácia negra, três marcas de essências diversas e nativas, uma marca de carvão vegetal granulado sem identificação e a marca de eucalipto com bracatinga. Não houve uma tendência clara da espécie componente do carvão ter influenciado nos valores de DRV. Os maiores valores de porosidade foram registrados para as marcas compostas por essências diversas ou exóticas e nativas, enquanto os menores foram atribuídos às marcas compostas por acácia negra e eucalipto. Para esta propriedade as espécies utilizadas para a produção do carvão tiveram maior influência sobre os resultados obtidos. O valor médio de porosidade foi inferior aos valores observados por Oliveira et al. (2010) para Eucalyptus pellita (74,04 a 77,91%).

Houve alta correlação inversa entre as propriedades de porosidade e a densidade relativa aparente (R2=0,82), sendo que quanto maior a densidade relativa aparente, menor a porosidade do carvão vegetal. Desta forma, os carvões menos porosos também queimam mais lentamente o que é desejado para o uso doméstico. Quanto à propriedade mecânica de friabilidade, as marcas que tiveram maior teor de finos foram duas marcas de espécies diversas e mistura de exótica com nativas, que foram semelhantes entre si, e diferentes das demais marcas analisadas. Já a marca com menor teor de finos foi de acácia negra, diferente estatisticamente das demais. De forma geral, as marcas de acácia negra tiveram menor teor de finos.

De acordo com a ABNT (1986); Machado; Andrade (2004), apenas quatro amostras, todas de acácia negra, podem ser consideradas pouco friáveis (10 a 15% de finos), sendo que as demais se enquadram em medianamente friáveis (15 a 24% de finos). O teor de finos mais baixo é desejável para o uso doméstico em função da menor geração de pó e pedaços pequenos de carvão vegetal. No entanto, segundo a Resolução nº 40 SAA/2015 (SÃO PAULO, 2015), o carvão vegetal deve apresentar teor de material fino (< 12 mm) inferior ou igual a 5% do peso líquido.

Neste contexto, nenhuma das marcas analisadas atenderia este critério de qualidade. Da mesma forma que para a porosidade, existiu correlação linear inversa entre o teor de finos e a densidade relativa aparente, porém com menor ajuste (R2=0,47).

Conclusões

As marcas de carvão vegetal comercializadas na região serrana sul de Santa Catarina apresentaram friabilidade média como característica negativa. Porém, a alta densidade relativa aparente e a baixa porosidade foram aspectos positivos.

As marcas de carvão vegetal que tiveram melhor qualidade em termos de propriedades físicas e mecânicas foram as de acácia negra. Nenhuma das marcas analisadas atenderia na integra a Resolução nº 40 SAA/2015, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a qual define os padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal, como base na definição das caraterísticas físicas e químicas do produto.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8740. Carvão vegetal - Determinação do índice de quebra e abrasão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9165: Carvão vegetal - Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985b.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL D 1762 – 84, 2001. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.(2013). West Conshohocken, PA: ASTM International, 20013, DOI: 10.1520/D1762-84R07. Disponível em: <http:// www.astm.org.>; Acesso em: 01/07/2014.

ASTM - ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. ASTMD 167-12a.Standard Test Method for Apparent and True Specific Gravity and Porosity of Lump Coke.West Conshohocken, PA: ASTM International, 2012. Disponível em <http/www.astm.org/Standards/D167.htm>. Acesso em: 01/07/2014.

DIAS JÚNIOR, A. F., et al. Desdobramento da Função Qualidade (QFD) na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 262-270, 2015.

MACHADO, F. S.; ANDRADE, A. M. Propriedades termoquímicas dos finos de carvão vegetal e de carvão mineral, para a injeção nas ventaneiras de altos-fornos siderúrgicos. Biomassa & Energia, Viçosa, v. 1, n. 4, p. 353-363, 2004.

NORILER, M. R.; FACHINELLO, A.L. Características da oferta e da demanda de produtos de base florestal no período recente de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <http://www.apec.unesc.net/VII_EEC/sessoes_tematicas/%C3%81rea%201%20Des.%20Amb/CARACTER%C3%8DSTICAS%20DA%20OFERTA%20E%20DA%20DEMANDA.pdf>. Acesso em: 15/04/2015.

OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. Scienta Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 de maio de 2015.

ROSA, R. A.; CHAVES ARANTES, M. D.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. D. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. Journal of Biotechnology and Biodiversity. Tocantins, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

SÃO PAULO: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. Cerne, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

Caracterização química da biomassa de Inga striata e Eremanthus crotonoides

Roberta Luíza Saldanha Pinto1[1], Pietra Vena Soares Xavier 2[1], Luciana Monteiro Aguiar 3[1], Gabriela Madureira Barroso 4[1]

[1]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pietravsx@icloud.com

Resumo

Inga striata é uma espécie que apresenta elevada biomassa vegetal, é usada em recuperação de áreas degradadas e, estudos recentes, apontam essa espécie como fitorremediadora de sítios contaminados por herbicidas, já a Eremanthus crotonoides é uma espécie utilizada em múltiplos usos, principalmente na fabricação de moirão e de óleos essenciais. A biomassa de espécies vegetais pode ser utilizada na produção de energia, como biocombustíveis, possibilitando a substituição dos combustíveis fósseis, garantindo a sustentabilidade ambiental por apresentarem baixos índices de emissão de poluentes. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo caracterizar a biomassa de I. striata e E.crotonoides. A caracterização química da espécie foi realizada por meio dos protocolos do NREL (National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, EUA) no laboratório Engenharia Química e Ambiental da Universidad de Jaén-Espanha. Como resultado, a biomassa de I. striata apresentou 1,50 ± 0,01 (%) de lignina, 17,10 ± 0,08 (%) de celulose e 7,39 ± 0,98 (%) de hemicelulose. Em relação aos açúcares fermentáveis, observou-se 18,8 ± 0,09 % de glicose e 6,87 ± 0,07 % de xilose. A E. crotonoides apresentou 2,13 ± 0,09 (%) de lignina, 19,51 ± 0,42 celulose (%) e 10,35 ± 0,32 (%) de hemicelulose. Quanto aos açucares fermentáveis, observou-se 21,46 ± 0,46 (%) de glicose e 10,18 ± 0,20 (%) de xilose. As análises caracterizam os valores obtidos para as duas espécies, como sendo baixos para produção de biocombustíveis. Diante disso, conclui-se que a utilização da biomassa de I. striata e E.crotonoides para a produção de biocombustíveis não é viável, devido as baixas concentrações de açúcares fermentáveis detectadas. As espécies estudadas podem ser indicadas para outros programas como de recuperação e silvicultura, porém não é recomendada para o contexto das biorrefinarias.

Palavras-chaves: Espécies arbóreas. Biocombustíveis. Sustentabilidade.

Caracterização química imediata da madeira de *Tectona grandis*

Murilo Caliente Marques[1], Bruno Prodocimo Gimenez[2], Elaine Cristina Leonello[2], Emanuel Rangel Spadim[2], Saulo Philipe Sebastião Guerra[3]

[1]*FCA/Unesp – Graduando em Engenharia Florestal - Campus Botucatu / murilocaliente@gmail.com*

[2]*FCA/Unesp – Pós Graduando (a) - Campus Botucatu*

[3]*FCA/Unesp – Professor no Depto. Economia, Sociologia e Tecnologia e coordenador do LABB/IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia) - Campus Botucatu*

Resumo

A *Tectona grandis* é uma espécie de origem asiática da família Lamiaceae que se tornou destaque no setor florestal brasileiro e sua madeira apresenta crescente procura, principalmente pelo alto valor agregado à ela devido sua resistência, durabilidade e coloração, que permitem uma versatilidade quanto ao uso, com potencial de uso desde a produção de carvão vegetal até matéria prima para a construção naval. O trabalho teve por objetivo caracterizar a madeira de *Tectona grandis* com utilização de análises químicas imediatas. Para o estudo foram abatidas árvores de um povoamento florestal de 15 anos com espaçamento de 2,5 m x 2,5 m na cidade de Botucatu, SP. Foram seccionadas toras de 1,10 m de comprimento com diâmetro aproximado de 0,15 m, que foram posteriormente estocadas em ambiente coberto. Foi retirado um disco de 0,10 m de espessura da posição central de cada tora totalizando seis amostras com casca. Para o preparo da biomassa foi seguido o preconizado pela NBR 14660 (ABNT, 2004) e as análises químicas imediatas seguiram o preconizado pelas normas ASTM E872-82 (ASTM, 2006), ASTM D1102-84 (ASTM, 2007), ASTM E870-82 (ASTM, 2006) para determinação de teor de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, respectivamente. Foram obtidos os valores de 81,44 % ± 0,599 % para o teor de materiais voláteis, 1,87 % ± 0,066 % para o teor de cinzas e o teor médio de carbono fixo determinado foi de 20,43 %. O poder calorífico superior (PCS) médio apresentou o valor de 3.125 kcal kg^{-1}.

Palavras-chave. Análise química, Biomassa, Bioenergia, Poder calorífico, Teca.

CARBONIZAÇÃO DA MADEIRA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS

Djeison Felipe Voos[1], Martha Andreia Brand[2], Gustavo Friederichs[3], Adriel Furtado de Carvalho[3], Aline Lima de Sena[5]

[1]Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 88520-000, Lages –SC, Brasil. e-mail (raamongabriel@gmail.com)

[2]Orientadora, Professora do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias – a2mab@cav.udesc.br
[3] Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC
[4] Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias -UDESC.
[5] Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC.

Resumo

Na região de Biguaçu, SC, agricultores familiares utilizam o sistema "roça de toco" para manejar pequenos fragmentos florestais de forma sustentável, cultivando culturas anuais e produzindo carvão vegetal. A madeira destinada a produção de carvão vegetal para uso doméstico deve ser de qualidade para que o produto final da carbonização apresente características desejáveis. O carvão vegetal de boa qualidade deve apresentar alta massa específica aparente, alto teor de carbono fixo e poder calorífico, baixa umidade, baixo teor de materiais voláteis e cinzas. Além das variáveis relacionadas ao carvão vegetal, deseja-se que o processo produtivo apresente bons rendimentos. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo avaliar a massa específica da madeira e carvão vegetal produzido a partir de quatro espécies florestais, bem como avaliar o processo de carbonização. As espécies florestais estudadas foram Bracatinga (Mimosa scabrella), Jacatirão (Miconia cinnamomifolia), Licurana (Hieronyma alchorneoides) e Embaúba (Cecropia glaziovii). A madeira das espécies estudadas apresenta qualidade para a produção de energia, com massa específica aparente média de 0,599 g.cm^{-3}. A rotina de carbonização teve baixa variabilidade quanto ao rendimento gravimétrico do carvão vegetal produzido, sendo adequada para as espécies estudadas. A qualidade da madeira e carvão vegetal decresce de Licurana, Bracatinga, Jacatirão e Embaúba.

Palavras-chave. *"roça-de-toco", carvão vegetal, qualidade da madeira.*

Introdução

A qualidade do carvão vegetal destinado ao uso doméstico tem sido pouco estudada se comparada àquele destinado ao uso industrial, fato esse da sua elevada representatividade econômica na produção de aço e ferro gusa. Não somente a carência de estudos relacionados ao uso doméstico do carvão vegetal, mas a falta de normas padronizadoras também dificulta a consolidação do produto.

Ribeiro & Vale (2006) destacam pontos que devem ser considerados quanto a carvão vegetal de qualidade para o uso doméstico, devendo apresentar: alta densidade relativa aparente, alto teor de carbono fixo, alto poder calorífico, baixa umidade, baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas. Contudo, a qualidade do carvão vegetal para o uso doméstico é muito variável e duvidosa, pois o controle da carbonização é difícil em grande parte dos fornos (COUTINHO & FERRAZ, 1988).

Botrel et al. (2007) mencionam que a avaliação do rendimento do processo de carbonização é de suma importância e que apresenta variabilidade até na espécie. Pereira et al. (2012) destacam que o rendimento gravimétrico do carvão vegetal é influenciado pelas propriedades químicas da madeira, apresentando maiores valores para madeiras com maiores teores de lignina e menores de extrativos.

No estado de Santa Catarina, Brand et al. (2013) destacam que existem poucos estudos direcionados à produção e à qualidade do carvão vegetal para uso doméstico (churrasco). Os autores ainda destacam que no estado, um grande número de agricultores familiares produz carvão vegetal para a complementação da renda familiar, sendo a prática do sistema de manejo "roça-de-toco" associada a essa produção.

Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar a carbonização da madeira de quatro espécies florestais nativas da região de Biguaçu, Santa Catarina, bem como a qualidade física da madeira e carvão vegetal produzido.

Material e Métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado através da coleta da madeira de quatro espécies florestais nativas na comunidade de Três Riachos (latitude 27º 25' S e longitude 48º 48' O), interior do município de Biguaçu, litoral de Santa Catarina. O município está inserido na região que compõe a Florestal Ombrófila Densa e segundo Alvares et al. (2013), o clima regional pela classificação de *Köppen* é Cfa, com altitude média de 140 m, precipitação anual acima de 1690 mm e temperatura média anual de 19,8 ºC.

Material de estudo

Foram coletados vários indivíduos (árvores) por espécie estudada (Tabela 1). As espécies foram escolhidas em função da superior densidade nos fragmentos florestais da região e, pela qualidade para carvão vegetal citada pelos agricultores, decisões baseadas em questionários aplicados. Alguns indivíduos encontravam-se estocados em pilhas para secagem e outros foram coletados de árvores em pé.

Tabela 1. Espécies florestais nativas estudadas.

Família	Nome Científico	Nome comum
Fabaceae	*Mimosa scabrella* Benth.	Bracatinga
Cecropiaceae	*Cecropia pachystachya* Trec.	Embaúba
Melastomataceae	*Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud	Jacatirão
Phyllanthaceae	*Hyeronima alchorneoides* Freire Allemão	Licurana

Fonte: NUNES (2019)

Para cada indivíduo foram retirados três discos (30 cm distantes de cada extremidade e da porção central da tora) para a confecção de corpos-de-prova destinados às análises da qualidade física da madeira e para a carbonização em laboratório.

Foram confeccionados corpos-de-prova com dimensões de 2 cm x 2 cm x 2,5 cm que foram secos em estufa (103 ºC) até o peso constante, envolvidos em papel alumínio e carbonizados em forno mufla conforme a rotina de carbonização da Tabela 2. Ao final do processo de carbonização, os corpos-de-prova foram resfriados em dessecador à temperatura ambiente e, novamente pesados e mensurados em todas as arestas.

Tabela 2. Rotina de carbonização utilizada para a produção de carvão vegetal.

Tempo(horas)	Temperatura (ºC)
Início	25
00:20	150
01:27	200
03:04	250
04:48	350
06:02	450
06:32	Desligamento da mufla

Fonte: NUNES (2019)

Variáveis analisadas

A qualidade física da madeira foi analisada através da massa específica aparente dos corpos-de-prova. A variável foi obtida pela relação peso e volume em teor de umidade de 12%

(base úmida), através da norma NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997).

A qualidade física do carvão vegetal foi analisada em base da massa específica aparente e rendimento gravimétrico do processo de carbonização. A massa específica aparente foi analisada através da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) em teor de umidade de 0%, enquanto o rendimento gravimétrico foi obtido pela relação entre o peso antes e após o processo de carbonização, conforme o preconizado pelos autores Brand et al. (2013).

As variáveis estudadas foram analisadas estatisticamente através da Análise de Observância da Variância (ANOVA) por meio do programa *Sisvar* 10.1.1 e *R Studio*. Antecedendo a ANOVA, aplicou-se o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*, e homogeneidade de variâncias de *Barttlet*. Em todas as variáveis analisadas que apresentaram diferenças estatísticas significativas, aplicou-se o teste de *Scott-Knott* a 95% de probabilidade.

Resultados e discussão

As propriedades físicas analisadas para a madeira das quatro espécies florestais estudadas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Propriedades físicas da madeira e carvão vegetal.

Espécie	MEA mad (CV)	MEA carv (CV)	RG (CV)
Bracatinga	0,696 (20,3) a	0,304 (20,4) a	31,7 (4,7) b
Embaúba	0,201 (15,7) a	0,110 (36,5) b	32,7 (5,0) b
Jacatirão	0,637 (13,3) a	0,301 (17,3) a	36,3 (6,2) a
Licurana	0,661 (22,4) a	0,300 (20,2) a	36,0 (7,1) a
Média	0,599	0,278	35,1
CV	32,0	30,1	8,1

MEA madeira: massa específica básica da madeira, $g.cm^{-3}$; MEA carvão: massa específica básica do carvão vegetal, $g.cm^{-3}$; RG: rendimento gravimétrico da produção de carvão vegetal, %; CV: coeficiente de variação, %. Médias seguidas de letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Fonte: NUNES (2019)

Observa-se que a amplitude entre as quatro espécies estudadas foi de 0,495 $g.cm^{-3}$, sendo a média geral de 0,599 $g.cm^{-3}$. A massa específica aparente (MEA) da madeira apresentou diferença estatística para as espécies estudadas. As espécies Bracatinga, Jacatirão e Licurana apresentaram MEA da madeira superior a Embaúba. Destaca-se ainda que a MEA da madeira da Embaúba foi três vezes inferior às demais espécies estudadas.

Segundo o Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (2015), são consideradas madeiras de média massa específica aquelas entre 0,500 $g.cm^{-3}$ e 0,720 $g.cm^{-3}$, adequando-se nessa faixa a madeira das espécies Bracatinga, Jacatirão e Licurana. Na classe de espécies florestais de baixa MEA (< 0,500 $g.cm^{-3}$) encontra-se a Embaúba.

O elevado coeficiente de variação traduz a variabilidade que as madeiras de espécies florestais nativas apresentam quanto a MEA. No presente estudo observou-se a menor variação da MEA para uma mesma espécie do que entre as espécies avaliadas.

Densidade Aparente Do Carvão

A massa específica aparente (MEA) do carvão vegetal apresentou amplitude de 0,194 g.cm^{-3} e média geral de 0,278 g.cm^{-3}. A MEA do carvão vegetal apresentou ainda, elevado coeficiente de variação (30,1%) entre as espécies estudadas, sendo destaque a Embaúba com a maior variação intraespecífica (36,5%).

As espécies estudadas apresentaram diferença significativa entre as médias da MEA do carvão vegetal, sendo destaques a Bracatinga, Jacatirão e Licurana. A baixa MEA da madeira de Embaúba resultou por em carvão vegetal de menor MEA (0,110 g.cm^{-3}).

De modo geral, a variabilidade da MEA do carvão vegetal é também menor para uma mesma espécie do que entre as espécies estudadas, a exceção da Embaúba. A Bracatinga apresentou MEA do carvão superior ao encontrado por Klitzke (1998), ao carbonizar madeiras da espécie com 3, 5 e 7 anos, encontrando valores de 0,265 g.cm^{-3}, 0,243 g.cm^{-3} e 0,261 g.cm^{-3}, respectivamente.

Rendimento Gravimétrico Do Carvão

O rendimento gravimétrico (RG) da produção de carvão vegetal das espécies estudadas foi em média de 35,1%. Destaca-se que o coeficiente de variação foi menor para o RG, se comparado a MEA da madeira e do carvão vegetal.

Observou-se a diferença estatística para o RG das espécies estudadas, sendo os carvões de Jacatirão e Licurana com os melhores valores, ambas superiores a 36%. Logo abaixo, sem diferença estatística estão a madeira de Bracatinga e Embaúba.

A produção de carvão vegetal de Bracatinga proporcionou RG ligeiramente inferior ao carvão vegetal de Embaúba, espécie florestal inferior quanto a MEA da madeira. A Tabela 4 apresenta a matriz de correlação para as variáveis analisadas para todas as espécies estudadas.

Tabela 4. Matriz geral de correlação de *Pearson*.

Variáveis	MEA madeira	MEA carvão	RG (CV)
MEA madeira	1		
MEA carvão	0,81	1	
RG	0,08	0,24	1

MEA madeira: massa específica básica da madeira; MEA carvão: massa específica básica do carvão vegetal; RG: rendimento gravimétrico da produção de carvão vegetal. Fonte: NUNES (2019)

Através do coeficiente de correlação de Pearson, observou-se a moderada correlação (0,81) entre MEA da madeira e RG do carvão para as espécies estudadas. Porém, para Vale et

al. (2001), o aumento do rendimento gravimétrico não se mostra relacionado ao incremento da MEA da madeira.

O coeficiente de correlação de *Pearson* demonstra que há uma forte correlação entre a entre MEA da madeira e a MEA do carvão vegetal produzido. Desta forma, supõem-se que madeiras de maior MEA da madeira apresentem maiores valores de MEA do carvão vegetal.

Conclusão

Com o presente estudo pode-se concluir que as madeiras das espécies florestais estudadas apresentam qualidade para a produção de carvão vegetal, com destaque para as espécies Licurana, Bracatinga e Jacatirão. O carvão vegetal produzido apresenta massa específica aparente diretamente correlacionada pela qualidade da madeira utilizada. O processo de carbonização, avaliado pelo rendimento gravimétrico, é adequado para as espécies estudadas, havendo poucas diferentes interespecíficas. A qualidade da madeira e do carvão vegetal, através das variáveis analisadas, decresce de Licurana, Bracatinga, Jacatirão e Embaúba.

Referências Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. D. S.; SILVA, J. R. M. D. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.

BRAND, M. A.; CUNHA, A. B.; CARVALHO, A. F.; BREHMER, D. R.; KÜSTER, L. C. Análise da qualidade da madeira e do carvão vegetal produzido a partir da espécie *Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin (Jacatirão-açu) na agricultura familiar, em Biguaçu, Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 41, p. 401 - 410, 2013.

COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização**. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n.38, p.33-37, 1988.

KLITZKE, R. J. Avaliação do carvão da bracatinga (Mimosa scabrella Bentham) em função da idade, do teor de umidade da madeira e da temperatura final de carbonização. 1998. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS. LPF: **Database of Brazilian Wood**. IBAMA: Laboratório de Produtos Florestais Brasília. Disponível em <http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/>, 2014, Acesso em 22 de Março de 2019.

OLIVEIRA, A. C.; CANEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, L. C.; VITAL, B. R. Quality of Wood and Charcoal from Eucalyptus Clones for Ironmaster Use. **International Journal of Forestry Research**, vol. 2012.

PEREIRA, J. C. D.; LAVORANTI, O. J. Comparação da qualidade da madeira de três procedências de Mimosa scabrella Benth. para fins energéticos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v. 12, p. 30-34, 1986.

RIBEIRO, P. G. & VALE, A. T. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: Reunião Anual da SBPC, 58, 2006, Florianópolis - SC. **Anais**...58ª Reunião Anual da SBPC, 2006. v. 01. Disponível em: < http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_1078.html>. Acesso em: 26 de Março de 2019.

VALE, A. T.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; NOGUEIRA, M. Relação entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do cerrado**. Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 89, p. 89-95, 2001.

CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA DE RESÍDUOS DO CAFÉ

Clara Lisseth Mendoza Martinez[1], Aleksei Mashlakov[2], Marcia Silva de Jesus[3], Marcelo Cardoso[4], Gustavo Matheus de Almeida[4]

[1]MSc em Engenharia Química – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG. e-mail: clara.mendoza.martinez@gmail.com
[2]MSc em Engenharia Elétrica - Universidade Lappeenranta-Lathi de Tecnologia, Lappeenranta, Finlândia.
[3]MSc em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG
[4]Professor DSc em Chemical Engineering - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG.

Resumo

A carbonização hidrotérmica (HTC) é um método promissório de tratamento termoquímico que melhora as características combustíveis da biomassa sem secagem preliminar. Durante este processo a matéria prima é submetida ao aquecimento a temperaturas entre 180-250 ºC com adição de uma certa quantidade de líquido (geralmente água) em um sistema fechado por um intervalo de tempo (minutos ou horas). Este trabalho investiga o efeito das condições de temperatura do processo HTC de dois tipos de resíduos obtidos na cadeia produtiva de café: galhos de madeira e pergaminho do fruto. Foram realizados quatro tratamentos, baseados em diferentes temperaturas de reação no reator HTC (180, 200, 220 e 240 ºC). *Os rendimentos de massa e energia, juntamente com as medidas de análise imediata e poder calorifico, foram utilizadas para a avaliação do processo de carbonização. Foi possível observar que o processo HTC aumenta a hidrofobicidade da biomassa, poder calorifico e fixação do carbono, além de reduzir o conteúdo de umidade de equilíbrio. Dessa forma pode-se concluir que o processo HTC é uma tecnologia atrativa a ser implementada em biomassas residuais in natura com a finalidade de aumentar a eficiência em uma ampla variedade de aplicações, como combustível, adsorvente e catalisadores.*

Palavras-chave. Análises quimiométricos. Rendimento energético. Novas tecnologias. Resíduos agroflorestais. Biomassa.

Introdução

Atualmente, diversas formas de utilização da biomassa são implementadas para suprir a demanda de energia e reduzir a acumulação de resíduos, ainda sem finalidades determinadas. No campo da energia, os métodos mais comuns para transformar a biomassa são tratamentos

termoquímicos, bioquímicos e mecânicos. Dentro dos métodos de transformação termoquímica, a carbonização hidrotérmica (HTC) também conhecida como torrefação úmida, é uma tecnologia de conversão relativamente recente, cujos trabalhos ainda são escassos no Brasil (DA SILVA et al., 2018). HTC oferece o benefício de transformar a biomassa em um material homogêneo com maior densidade energética sem secagem preliminar. Três produtos são obtidos a partir do processo HTC: hidro-carvão, líquido com alto conteúdo de compostos orgânicos e gasosos. No entanto, o principal produto é o hidro-carvão (50-80%), que normalmente contém cerca de 55-90% da massa inicial e 80-95% do conteúdo inicial de energia da biomassa (SERMYAGINA et al., 2015). Nesse sentido, o hidro-carvão é considerado um atrativo biocombustível sólido, além de ser estudado para aplicações como purificação de água, captura de CO_2, fertilizante do solo, entre outras (HOEKMAN et al., 2013).

A quantidade de biomassa agroflorestal no Brasil é significativamente diversificada e o potencial de algumas espécies ainda é pouco explorado. Para aplicações no campo energético, é indispensável o conhecimento das propriedades termoquímicas das biomassas com o fim de entender seu potencial, possíveis formas de uso e métodos adequados de pré-tratamento (MENDOZA MARTINEZ et al., 2019). Umas das commodities agroflorestais mas importantes no país é o café, cuja cadeia produtiva gera grande quantidade de resíduos e subprodutos, que muitas vezes são descartados sem nenhum tratamento. Consequentemente, a implementação de resíduos e novas tecnologias (como HTC) poderia trazer um impacto positivo na matriz econômica, social e ambiental desse país.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar à carbonização hidrotérmica da biomassa gerada na cadeia produtiva do café (pergaminho do fruto e galhos de madeira). Para isso, foi analisada a influência da temperatura do processo nas propriedades do produto final.

Material e Métodos

Amostragem e preparação da matéria-prima: Foram utilizados resíduos do cultivo cafeeiro (coffea arábica L.) (pergaminho do fruto e galhos de café) fornecidos pela fazenda rural no município de Paula Cândido, Minas Gerais, Brasil. A madeira coletada tinha 11 anos após o último período de corte e o pergaminho foi coletado na safra de 2018.

As biomassas foram moídas em moinho de facas tipo Wiley® Mill Model 4, acoplado a uma abertura de peneira de 1 cm. A moagem foi necessária para garantir a distribuição uniforme de tamanho da matéria-prima para aumentar a área superficial e alcançar maior eficiência durante a HTC. Para atingir umidade de equilíbrio, as amostras foram condicionadas em sacos plásticos em uma sala com temperatura e umidade relativa controlada (23 ± 1 ° C, 50 ± 2% UR).

Reator HTC e procedimento experimental: A carbonização hidrotérmica foi realizada em um reator tipo batelada projetado e construído na Lappeenranta-Lahti University of Technology (Lappeenranta, Finlândia). O reator tem capacidade de 1 litro, sendo composto por um tubo de aço inoxidável com uma conexão de flange na parte superior e fechamento de parafuso na parte inferior. Dois termopares foram usados para monitorar as temperaturas nas zonas inferior e superior do reator (a 245 mm e a 645 mm do topo).

O sensor de pressão e a válvula de alívio de pressão foram colocados na parte superior da unidade. O nível de temperatura necessário dentro do reator durante o período de tempo desejado foi mantido com um controlador proporcional-integral-derivativo (PID). Foram realizados quatro tratamentos, baseados em diferentes temperaturas de reação - 180, 200, 220 e 240 ºC. Mantendo constante a razão entre a massa de água e biomassa de 8:1 (aproximadamente 50 g de resíduo de café e 400 ml de água) e o tempo de permanência na temperatura final (3 horas).

Caracterização química: As biomassas *in natura* e carbonizadas foram caracterizadas a partir das análises imediata e de poder calorífico, conforme procedimentos normativos. Para análise do teor de cinzas (A), voláteis (V) e carbono fixo (CF) foram utilizadas as normas SFS EN 14775: 2009, SFS EN 15148: 2009. O valor do poder calorífico superior foi determinado seguindo a norma EN 14918:2010 no calorímetro Parr 6400, e o poder calorifico inferior (PCI) estimado a partir do PCS. O teor de umidade de equilíbrio for determinado mediante o controle da variação do peso das amostras, até atingir peso constante.

Análise de Componentes Principais (ACP): As componentes principais são os eixos de um sistema de coordenadas, a partir de combinações lineares das variáveis originais. As variáveis originais são inicialmente padronizadas (média e variação unitária) para evitar o problema de escala causado pelos desvios padrão discrepantes entre eles.

Resultados e discussão

Caracterização das biomassas: Os resultados da análise imediata e valores do poder calorífico para as biomassas antes e depois dos testes HTC são apresentados na Tabela 1. O material sem tratamento apresentou frações relativamente altas de voláteis e alto teor de cinzas. Sendo valores típicos para biomassas lenhosas e resíduos agrícolas (MENDOZA MARTINEZ et al., 2019). Foi possível observar que o teor de umidade das biomassas diminuiu na maioria dos tratamentos devido a decomposição de componentes lignocelulósicos durante o processo hidrotérmico (PARSHETTI; KENT HOEKMAN; BALASUBRAMANIAN, 2013). Observou-se também uma diminuição significativa no teor de cinzas das biomassas, uma vez que parte dos minerais formadores de cinzas são dissolvidos na água (ERLACH; HARDER; TSATSARONIS, 2012).

As reações de decomposição durante a HTC resultaram na perda de compostos voláteis com um aumento simultâneo no teor de carbono fixo. A biomassa tende a perder mais voláteis em

temperaturas mais elevadas, no caso do HTC-madeira 240 °C foi de 52% (aproximadamente 65% do valor inicial). Por outro lado, o teor de carbono fixo aumenta com a temperatura, à medida que os voláteis são removidos. As amostras de biomassa HTC-240ºC, por exemplo, apresentou aproximadamente três vezes mais teor de carbono fixo do que a matéria-prima. Verificou-se também que, o PCS da biomassa aumenta com a temperatura de processo (220 - 240 ºC), o que é um importante indicativo do seu potencial de uso para geração de energia (MENDOZA MARTINEZ et al., 2019)

Tabela 1. Analise dos resíduos antes e depois do tratamento HTC

Resíduos do cafeeiro	Parâmetros	Sem tratamento	Temperatura de reação [ºC]			
			180	200	220	240
Madeira do arbusto	U [%]	1,7	1,4	1,2	1,8	1,6
	V[a] [%]	81,3	76,5	73,0	63,4	52,0
	A[a] [%]	1,8	1,1	0,8	0,9	0,7
	CF[a] [%]	15,2	21,0	24,9	33,8	45,1
	PCS[a] [MJ.kg^{-1}]	20,2	22.2	22.8	25.6	26.5
	PCI[a] [MJ.kg^{-1}]	19,8	21,9	22,5	25,2	26,1
Pergaminho do fruto	U [%]	1,8	1,4	1,2	1,1	1,2
	V[a] [%]	74,9	72,9	68,2	60,8	48,8
	A[a] [%]	6,7	1,4	1,4	1,6	1,7
	CF[a] [%]	16,6	24,2	29,2	36,5	48,2
	PCS[a] [MJ.kg^{-1}]	18,4	22,1	23,4	25,2	29,2
	PCI[a] [MJ.kg^{-1}]	18,0	21,8	23,1	24,9	28,9

[a]Base seca

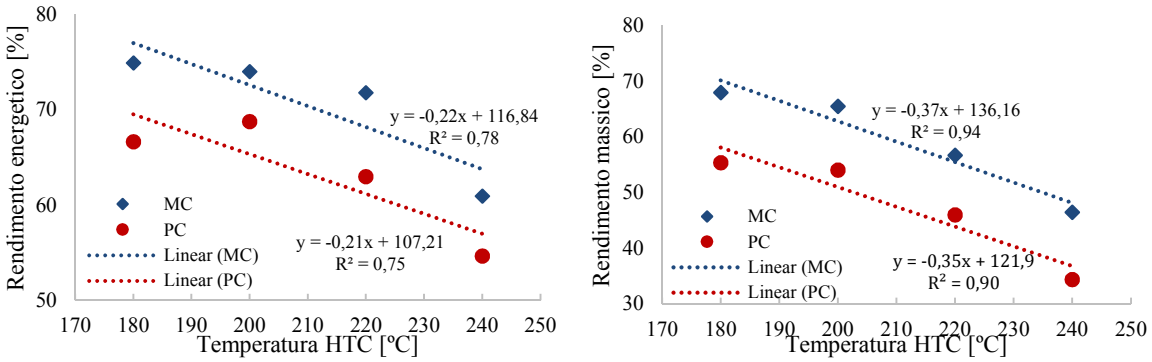
U- umidade de equilíbrio; V- teor de voláteis; A- teor de cinzas; CF- teor de carbono fixo; PCS- poder calorifico superior; PCI- poder calorifico inferior.

Rendimento mássico e energético do hidro-carvão: O rendimento mássico é a razão entre a massa, em base seca, do hidro-carvão gerado e a biomassa, em base seca, sem tratamento. O rendimento energético é a razão entre o PCS do hidro-carvão gerado e o PCS da biomassa sem tratamento (SERMYAGINA et al., 2015). A Figura 2 apresenta as curvas de rendimento mássico e energético para os galhos de madeira e o pergaminho do fruto de café.

O aumento da temperatura de reação gerou uma diminuição significativa do rendimento sólido em aproximadamente 20%. Assim, a maiores temperaturas tende a resultar em menores rendimentos mássicos (RM) do hidro-carvão. Por isso, como esperava-se, a correlação para o rendimento energético (RE) se assemelha à RM do hidro-carvão, o que implica em similaridade entre os mecanismos de perda de massa da matéria-prima e da densificação da energia do hidro-carvão durante a HTC e taxas diferentes.

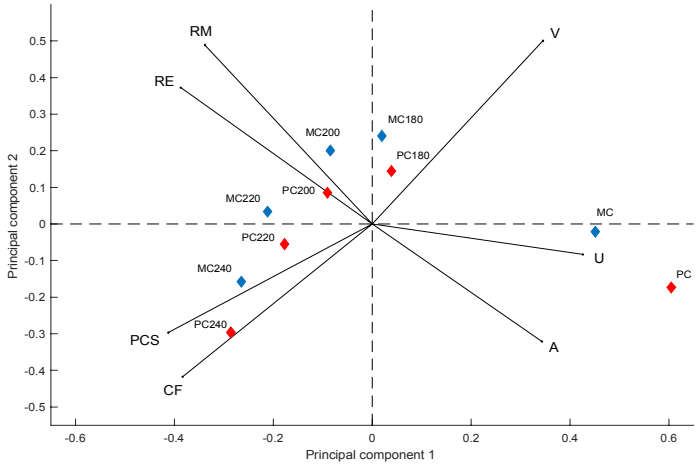
A partir de gráficos termogravimétricos, os rendimentos de massa e energia a temperatura de 150 ºC demonstram o limite inferior de temperatura para reações de degradação de componentes, que ocorrem durante a obtenção do carvão (ROCHA et al., 2015). A partir dessa temperatura os componentes da biomassa se decompõe e com o aumento da taxa de aquecimento, intensificando a perda de massa. Como resultado da ação simultânea desses dois fatores, o RE reduz com a temperatura.

Figura 1. Rendimento (a) energético e (b) massico do hidro-carvão



Análise de componentes principais (ACP): Os autovalores para PC1 e PC2 representam 92% da variabilidade total dos dados medidos. A Figura 2 mostrou a relação entre as propriedades no plano PC1-PC2 através de um gráfico bi-plot. A partir do PC1 observou-se que o maior autovetor positivo está relacionado ao V, as amostras de madeira de café (MC) e de pergaminho (PC) com tratamento HTC a 180 ºC encontram-se no quadrante positivo, revelando à facilidade com que podem fazer ignição, quando comparados com os outros tratamentos. Caso contrário, materiais como MC240 e PC240 apresentam baixo de teor de V e consequentemente alto teor de CF. Por tanto, pode ser exigido maior tempo de residência nas fornalhas para queima total.

Figura 2. Bi-plot para a análise de ACP dos tratamentos HTC e biomassas *in natura*.



O PC2 teve alta carga positiva nos rendimentos mássico e energético do hidro-carvão, o que é um indicativo de correlação entre essas variáveis. Por essa razão, que amostras que foram tratadas na menor temperatura apresentaram maiores rendimentos.

Do autovetor PCS pode-se observar a influência da temperatura nas propriedades. Quanto maior a temperatura de tratamento, maior foram os valores de PCS. Biomassas in natura, encontram-se no quadrante PC1 positivo e PC2 negativo, em que os autovetores que apresentam maior significância, quando comparado com os tratamentos, são as propriedades de umidade de equilíbrio e teor de cinzas. A partir da HTC pode-se concluir que o processo melhora as características energéticas dos materiais lignocelulosicos.

Analise de pre-viabilidade: A produção combinada de calor e energia no processo HTC é conhecida como uma tecnologia eficiente e comprovada. DIFS et al., 2010 e FAHLÉN and AHLGREN, 2009, verificaram que seu uso aumenta a geração de eletricidade e, portanto, resulta em uma relação maior poder-calor. A avaliação econômica provou que a biomassa e o processo de HTC de conversão, pode ser lucrativa em certas relações de preço entre a biomassa e os combustíveis fósseis em uma perspectiva de curto prazo.

Conclusões

A melhoria das propriedades combustíveis da biomassa é necessária devido aos problemas associados a qualidade da biomassa não tratada. A carbonização hidrotérmica é uma tecnologia que pode ser implementada para aumentar o potencial energético da biomassa, uma vez que, a matéria prima é convertida em um produto de valor agregado. Pesquisas experimentais sobre carbonização hidrotérmica dos galhos de madeira e pergaminho do fruto de café (resíduos da cadeira produtiva cafeeira em geral) são atualmente limitadas. Os diferencias existentes na composição química e as variações resultantes do comportamento de decomposição térmica é significativa.

Referências Bibliográficas

DA SILVA, C. M. S. et al. Biomass torrefaction for energy purposes – Definitions and an overview of challenges and opportunities in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. July 2017, p. 2426–2432, 2018.

DIFS, K. et al. Biomass gasification opportunities in a district heating system. **Biomass and Bioenergy**, 2010.

ERLACH, B.; HARDER, B.; TSATSARONIS, G. Combined hydrothermal carbonization and gasification of biomass with carbon capture. **Energy**, 2012.

FAHLÉN, E.; AHLGREN, E. O. Assessment of integration of different biomass gasification alternatives in a district-heating system. **Energy**, 2009.

HOEKMAN, S. K. et al. Hydrothermal carbonization (HTC) of selected woody and herbaceous biomass feedstocks. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 2013.

MENDOZA MARTINEZ, C. L. et al. Characterization of residual biomasses from the coffee production chain and assessment the potential for energy purposes. **Biomass and Bioenergy**, 2019.

PARSHETTI, G. K.; KENT HOEKMAN, S.; BALASUBRAMANIAN, R. Chemical, structural and combustion characteristics of carbonaceous products obtained by hydrothermal carbonization of palm empty fruit bunches. **Bioresource Technology**, 2013.

ROCHA, E. P. A. et al. Analysis of Brazilian Biomass Focusing on Thermochemical Conversion for Energy Production. **Energy and Fuels**, 2015.

SERMYAGINA, E. et al. Hydrothermal carbonization of coniferous biomass: Effect of process parameters on mass and energy yields. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 2015.

Chemical and Energetic Use of Tobacco Biomass

Betina Aita[1], Matheus Hipólito[2], Fernando Santos[1], Letícia N. Brizio[1], Jaqueline de Mattia[1]

[1]*Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, betinaaita@gmail.com*

[2]*Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do sul.*

Abstract

Brazil is the world's second largest tobacco producer and exportation leader, attending the most demanding international standards. In the southern region of the country, tobacco biomass is one of the main agroindustrial activities. Present in 730 municipalities, involves more than 186 thousand small producers and it's responsible for 30 thousand jobs directly in this industry. In the 2017/18 harvest, the production was set around 680 thousand tons, generating approximately 6.5 billion reais. With the needs of the 21st century, concerns with urban, industrial and agricultural waste has increased. Therefore, intelligent waste management has become an increasingly interesting alternative in the academic and industrial community, aiming to supply, at least partially, global energy demand. In this sense, many agricultural crops are already using their waste which was previously discarded or used as less noble products. In general, the tobacco leaves are directed to the tobacco industry, cigarettes and cigars, leaving many residues in the production area - flowers (seeds), stems and some leaves. Today through the processes of biorefinery it is possible to convert different residues into bioenergy, biofuels and bioproducts. In this scenario, the biomass of tobacco receives more and more attention due to its productive, chemical and energetic potential. It is possible to extract 34% of oil from the seed and remaining about 64% of the residual mass. An important detail is that the seed has no nicotine, being very rich in nutrients and vitamins for food and pharmaceutical industry, as an example. The production of leaves reaches 3,000 kg / hectare, and only the leaf is destined for industry. The stems are removed from the leaf, which is responsible for giving a bitter taste to the cigarette, and are rich in cellulose (41.75%), hemicelluloses (34.36%), lignin (13.84%) and ashes (9.75%), all free of extractives. Like the leaves the stalk presents great chemical potential, being (33.2%) cellulose, (14.8%) hemicelluloses and (16.5%) lignin. In this context, the main objective of this work was to evaluate the productive, chemical and energetic potential of tobacco through the different processes of biorefinery, aiming the production of bioenergy, biofuels and bioproducts in a sustainable way.

Keywords. tobacco, biomass, biorefinery

Cinética de pirólise para resíduos de girassol – modelo de energia de ativação distribuída

Fernando Lucas Tibola[1*], Anderson Lima de Menezes[2], Daniel Alves Cerqueira[1], Carlos Henrique Ataíde [2], Cássia Regina Cardoso [1]

[1]*Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG, Brasil, *nandotibola@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal de Uberlândia (UFU)*

Resumo

A biomassa residual é uma alternativa para os combustíveis fósseis, a partir da utilização de processos termoconversionais. A casca de grãos de girassol é um resíduo amplamente gerado no Brasil. O presente trabalho objetivou estudar os parâmetros cinéticos da decomposição pirolítica das cascas de grãos de girassol, utilizando o modelo de energia de ativação distribuída. A análise imediata foi realizada para caracterização da biomassa e o poder calorífico superior do material foi determinado. Análises termogravimétricas foram realizadas em analisador termogravimétrico, empregando cinco taxas de aquecimento: 5, 10, 15, 20 e 25°C/min. O poder calorífico superior estimado foi de 18,54 MJ/kg. O modelo cinético estudado forneceu resultados de energia de ativação entre 90,1 kJ/mol e 169,6 kJ/mol, com bons coeficientes de ajuste. Valores de conversão máximos de 80% foram utilizados na determinação dos valores de energia de ativação. Os resultados indicam que a energia requerida para a realização da pirólise dos resíduos de girassol é semelhante aos valores para biomassas do tipo casca; indicaram ainda a ocorrência de reações secundárias para valores de conversão mais altos que 80%, as quais podem não ser bem representadas pelo modelo adotado. A cinética de pirólise para as cascas de grãos de girassol é atualmente pouco abordada em trabalhos científicos, assim, o presente estudo pode contribuir para a compreensão sobre o comportamento pirolítico desse material.

Palavras-chave. Cascas de grãos de girassol. Energia de ativação. Modelo de energia de ativação distribuída.

Introdução

A casca de girassol é intensamente produzida como resíduo a partir da produção de óleo via processamento dos grãos de girassol. O beneficiamento dos grãos do girassol produz cerca de 40% de óleo, 35% de torta e 25% de casca; assim cada tonelada de grãos de girassol produz cerca de 250 kg de casca (OLIVEIRA, VIEIRA, 2004).

A pirólise é um processo que produz sólidos, líquidos e gases; sendo uma alternativa de aproveitamento de resíduos agrícolas. O processo apresenta como principal produto o bio-óleo,

sendo este o material de maior interesse, constituído por uma complexa mistura de compostos (DAYTON et al., 2016).

A técnica de termogravimetria vem sendo empregada com frequência para estudar o processo de pirólise permitindo calcular parâmetros cinéticos de decomposição do material e assim melhorar a compreensão sobre o desenvolvimento do processo (SEYE et al., 2000). Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar a reação pirolítica das cascas de grãos de girassol, uma biomassa ainda pouco explorada, avaliando a cinética de decomposição da mesma segundo o modelo de energia de ativação distribuída.

Determinação de parâmetros cinéticos utilizando o modelo de energia de ativação distribuída

A pirólise rápida de biomassa lignocelulósica é um processo constituído de várias reações devido à heterogeneidade desse material. Os modelos cinéticos permitem a obtenção de parâmetros da equação de Arrhenius, como energia de ativação e fator pré-exponencial. Quanto menor a energia de ativação de uma reação, menor é o gasto energético para que a mesma ocorra, e quanto maior o fator pré-exponencial, maior é a velocidade com que a reação ocorre.

Diversos modelos cinéticos estão disponíveis na literatura e entre esses modelos, o de energia de ativação distribuída é considerado preciso e versátil, justificando a escolha do mesmo para o trabalho atual (CHEN et al., 2016). Os parâmetros cinéticos obtidos a partir dos modelos cinéticos podem ser usados para o desenvolvimento de projetos de gaseificadores e reatores de pirólise, envolvendo modelagem e otimização (EL-SAYED e MOSTAFA, 2015).

A conversão mássica pode ser calculada pela Equação 1; sendo m_i a massa inicial, m_f é a massa final e m_a é a massa no ponto no qual é dado a conversão.

$$\alpha = \frac{m_i - m_a}{m_i - m_f} \quad (1)$$

O modelo de Miura-Maki tem sido amplamente utilizado para descrever reações complexas, como a pirólise da biomassa (SONOBE e WORASUWANNARAK, 2008; SIMÃO et al., 2018). O modelo considera que um número infinito de reações ocorre simultaneamente durante o processo de pirólise, e essas reações são consideradas irreversíveis, paralelas e de ordem unitária. O modelo também considera que existe um valor de energia de ativação para cada temperatura de reação a uma taxa de aquecimento constante, bem como uma função de distribuição de valores de energia de ativação que variam com a temperatura. A função de distribuição pode ser estimada a partir de dados experimentais sem a dependência de consideração preliminar de simetria da função na forma de distribuição Gaussiana (MIURA e MAKI, 1998).

A Equação 2 descreve o modelo de Miura-Maki, sendo β taxa de aquecimento, T temperatura, A fator pré-exponencial de Arrhenius, R a constante universal dos gases, E_a energia de ativação. Considerando a Equação 3, a diferenciação leva à Equação 4, a qual permite a determinação da curva de energia de ativação distribuída (MIURA e MAKI, 1998).

$$ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right) = ln\left(\frac{AR}{E_a}\right) + 0{,}6075 - \frac{E_a}{R}\frac{1}{T} \quad (2)$$

Considerando a Equação 3, a diferenciação leva à Equação 4, a qual permite a determinação da curva de energia de ativação distribuída (MIURA e MAKI, 1998).

$$\alpha = 1 - \int_{E_a}^{\infty} f(E_a)\, dE_a = \int_{0}^{E_a} f(E_a) dE_a \quad (3)$$

$$f(E_a) = \frac{d(\alpha)}{dE_a} \quad (4)$$

Material e Métodos

Material, análise imediata e poder calorífico superior

A amostra de casca de grãos de girassol foi fornecida pela empresa Parecis S.A. de Campo Novo do Parecis–MT. A amostra foi moída em um moinho de facas e peneirada de acordo com a análise a ser realizada. A análise imediata foi realizada segundo a norma ABNT NBR 8112 (1986), em tréplica. O poder calorífico superior (PCS) foi estimado a partir da correlação proposta por Yin (2011) representada pela Equação 5, sendo MV teor de materiais voláteis e CF teor de carbono fixo.

$$PCS = 0{,}1905\, MV + 0{,}2521\, CF \quad (5)$$

Análises termogravimétricas

As análises termogravimétricas foram realizadas em um equipamento *TGA/DTA DTG-60H*, *Shimadzu*; com uma atmosfera inerte de nitrogênio. As amostras eram passantes pela peneira de 100 mesh, objetivando reduzir os efeitos da transferência de calor. Nos primeiros 30 minutos o material foi aquecido até 100 °C com uma taxa de 50 °C/min. Em seguida, o material foi aquecido até 900 °C utilizando taxas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C/min. As análises foram realizadas em tréplica. Os dados obtidos nos primeiros 30 minutos foram desconsiderados por serem referentes à perda de água. Diferentes taxas de aquecimento foram empregadas na tentativa de minimizar efeitos de transferência de calor e massa nos cálculos de parâmetros cinéticos.

Resultados e discussão

Análise imediata e poder calorífico superior

Os resultados obtidos na análise imediata são descritos na Tabela 1. Os valores obtidos são comuns para biomassa do tipo casca (TIBOLA et al., 2017). O poder calorífico da casca de girassol foi estimado a partir dos resultados da análise imediata utilizando a Equação 5. O valor obtido foi de 18,54 ± 0,01 MJ/kg, está próximo ao encontrado para biomassas do mesmo tipo (YIN, 2011).

Tabela 1. Análise imediata da casca de girassol.

Análise Imediata	Média (%)	Desvio (%)	Análise Imediata	Média (%)	Desvio (%)
Umidade	09,42	0,10	Cinzas*	07,35	0,12
Materiais Voláteis*	78,15	0,62	Carbono Fixo*	14,49	0,50

*Base seca

Determinação de parâmetros cinéticos utilizando o modelo de energia de ativação distribuída

O modelo de energia de ativação distribuída de Miura-Maki foi utilizado para o tratamento dos dados experimentais. Foram adotadas conversões entre 0,1 e 0,8; para valores acima de 0,8 os valores de R^2 diminuem significativamente. Uma possível explicação para essa limitação baseia-se na ocorrência de reações secundárias e/ou complexas para conversões mais elevadas, que podem não serem representadas pelo modelo (SIMÃO et al., 2018). Os resultados obtidos pela linearização do modelo para as conversões entre 0,1 e 0,8 são apresentadas na Tabela 2.

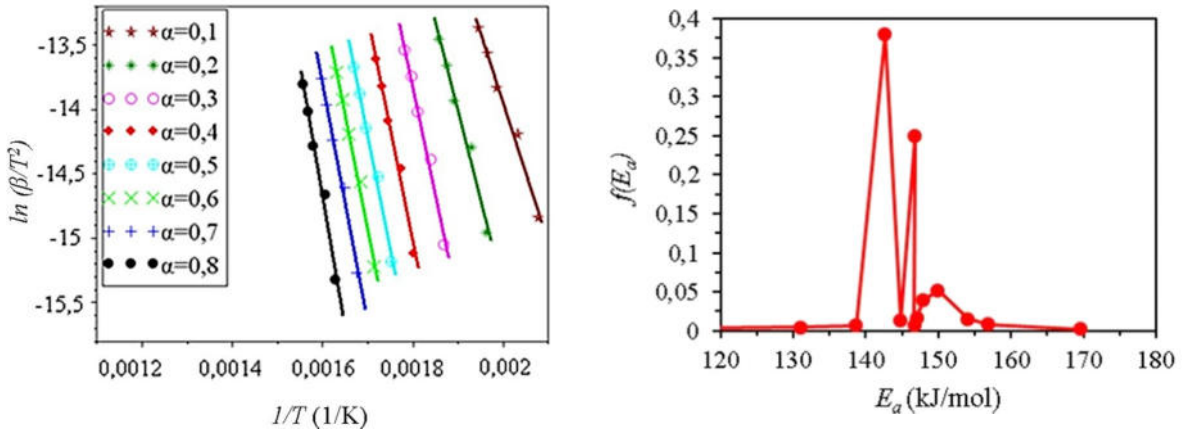
Tabela 2. Resultado para ajustes segundo o modelo Miura-Maki.

Conversão	Equação linear	R^2	E_a (kJ/mol)	A
0,1	y = -10839,6x + 7,73	0,987	90,1	1,34 . 10□
0,2	y = -13795,4x + 12,20	0,987	114,7	1,49 . 10□
0,3	y = -16674,4x + 16,18	0,989	138,6	9,69 . 10¹□
0,4	y = -17414,1x + 16,32	0,990	144,8	1,16 . 10¹¹
0,5	y = -17640,7x + 15,78	0,989	146,7	6,84 . 10¹□
0,6	y = -17792,3x + 15,31	0,988	147,9	4,32 . 10¹□
0,7	y = -18528,3x + 15,84	0,987	154,0	7,66 . 10¹□
0,8	y = -20394,1x + 17,95	0,985	169,6	6,96 . 10¹¹

A Tabela 2 mostra bons ajustes com coeficientes de correlação maiores que 0,985; o que indica que o modelo adotado é representativo na avaliação da pirólise dos resíduos de girassol. Os valores de E_a apresentam média de 138,3 kJ/mol. A Figura 1 (a) apresenta as regressões lineares para estimativas e a Figura 1 (b) a curva de energia de ativação distribuída.

Considerando os resultados, os valores de valores de E_a e A foram distintos para diferentes conversões, conforme relatado para a pirólise do resíduo industrial de café utilizando o mesmo modelo (CHEN et al., 2016). Estudo semelhantes, empregando o mesmo modelo; para palha de arroz, casca de arroz, espiga de milho e celulose apresentou valores de energia de ativação de 120 a 250 kJ/mol (SONOBE e WORASUWANNARAK, 2008); para resíduos industriais de café os valores de energia de ativação determinados foram entre 163,42 e 239,49 kJ/mol (CHEN et al., 2016); para cascas de nozes e cascas de algodão, valores de energia de ativação variaram entre 168 e 218 kJ/mol, 187 e 269 kJ/mol, respectivamente (BHAVANAM e SASTRY, 2015). Ren et al. (2018) estudaram a decomposição oxidativa (atmosfera de ar) de cascas de grãos de girassol e determinaram valores de energia de ativação entre 94,86 e 169,18 kJ/mol utilizando o mesmo modelo, resultados bastante próximos aos encontrados no presente trabalho.

Figura 11: (a) regressões lineares para estimativas de E_a e A; (b) função da energia de ativação distribuída.



(a) (b)

Observa-se na Figura 1(b) que a função apresenta três picos; indicando a assimetria da curva. Tal comportamento sugere que a suposição de curva Gaussiana para a função de energia de ativação distribuída pode não representar bem o comportamento pirolítico analisado. Li et al. (2009) determinaram a curva de energia de ativação distribuída para espiga de milho, a curva apresentou formato próximo ao da curva Gaussiana. Simão et al. (2018) determinaram a mesma relação para a pirólise de microalga *Spirulina maxima,* relataram formato assimétrico na curva.

A limitação do método de Miura-Maki para o estudo da pirólise de biomassa heterogênea é a consideração de ordem unitária para as várias reações (WANG et al., 2013), o que pode não ser representativo para a pirólise de constituintes com características cinéticas distintas. A estimativa de forma para a função de energia de ativação distribuída se apresenta como método de cálculo para estudo e comparação do comportamento pirolítico de diferentes biomassas.

O estudo cinético para a pirólise de biomassa e a comparação de resultados pode auxiliar na definição de rotas para a utilização de resíduos. A identificação do comportamento pirolítico de cada material indica caminhos de investigação para a proposição de modelos cinéticos para representação do processo. Os resultados obtidos contribuem para o entendimento sobre o processo de pirólise das cascas de grãos de girassol, tal biomassa é gerada em grandes quantidades no Brasil, porém sua cinética de pirólise é pouco reportada na literatura atual.

Conclusões

O poder calorífico superior estimado foi de 18,54 MJ/kg. O modelo de Miura-Maki resultou em valores entre 90,1 a 169,6 kJ/mol para a energia de ativação. Os dados experimentais apresentaram bons ajustes ao modelo. A função de energia de ativação distribuída apresentou três diferentes picos, indicando a assimetria na curva.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio para a realização do trabalho.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986). Carvão vegetal - Análise imediata - Método de ensaio.

BHAVANAM A.; SASTRY, R.C. (2015) Kinetic study of solid waste pyrolysis using distributed activation energy Model. *Bioresource Technology*. V.178, pp. 126–13.

CHEN, N., REN, J., YE, Z., XU, O., LIU, J., SUN, S. (2016) Kinetics of coffee industrial residue pyrolysis using distributed activation energy model and components separation of bio-oil by sequencing temperature-raising pyrolysis. *Bioresource Technology.* V.221, pp.534–540.

DAYTON, D. C.; HLEBAK, J.; CARPENTER, J. R.; WANG, K; MANTE, O. D.; PETERS, J. E. (2016) Biomass hydropyrolysis in a fluidized bed reactor. *Energy Fuels*. V.30, N.6, pp.4879 – 4887.

EL-SAYED, S. A.; MOSTAFA, M. E. (2015) Kinetic Parameters Determination of Biomass Pyrolysis Fuels Using TGA and DTA Techniques. *Waste and Biomass Valorization*. V.6, N.3, pp.401–415.

LI, Z.; LIU, C.; CHEN, Z.; QIAN, J.; ZHAO, W.; ZHU, Q. (2009) Analysis of coals and biomass pyrolysis using the distributed activation energy model. *Bioresource Technology*. V.100, pp. 948–952.

MIURA, K., MAKI, T. (1998) A simple method for estimating f(E) and k0(E) in the distributed activation energy model. *Energy & Fuels*. V.12, N.5, pp.864–869.

OLIVEIRA, M. F. de; VIEIRA, O. V. (2004) Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa. Londrina: Embrapa Soja.

REN, X.; CHENA, J.; LI, G.; WANG, Y.; LANG, X.; FAN, S. (2018) Thermal oxidative degradation kinetics of agricultural residues using distributed activation energy model and global kinetic model. *Bioresource Technology*. V.261, pp. 403–411.

SEYE, O., CORTEZ, L. A. B., GOMEZ, E. O. (2000) Estudo cinético da biomassa a partir de resultados termogravimétricos. *Encontro de Energia no Meio Rural.* Campinas.

SIMÃO, B. L; SANTANA JÚNIOR, J. A; CHAGAS, B. M. E; CARDOSO, C. R; ATAIDE, C. H. (2018) Pyrolysis of Spirulina maxima: Kinetic modeling and selectivity for aromatic hydrocarbons. *Algal Research*. V.32, pp. 221–232.

SLOPIECKA, K.; BARTOCCI, P.; FANTOZZI, F. (2012) Thermogravimetric analysis and kinetic study of poplar wood pyrolysis, *Applied Energy*. V.97, pp.491–497.

SONOBE, T; WORASUWANNARAK, N (2008) Kinetic analyses of biomass pyrolysis using the distributed activation energy model, *Fuel*. V. 87, N.3, pp. 414–421.

TIBOLA, F. L; OLIVEIRA, T. J. P; CARVALHO, W. S; ATAÍDE, C. H; CARDOSO, C. R (2017) Coffee Husks Characterization for the Fast Pyrolysis Process. *Materials Science Forum*. V.899, pp.130–135.

WANG, K.; BROWN R.C.; HOMSY S.; MARTINEZ L.; SIDHU S. S. (2013) Fast pyrolysis of microalgae remnants in a fluidized bed reactor for bio-oil and biochar production. *Bioresour. Technol.* V. 127, pp. 494–499.

YIN, C-Y. (2011) Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses. *Fuel,* V.90, N.3, pp.1128–1132.

Cinética de decomposição térmica do Bambusa Tuldoides via análise termogravimétrica (tga).

João Mauro Alves Lima Brito[1], Anderson Lima de Menezes[1], Carlos Henrique Ataíde[1]

[1] *Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG – joaomauroalveslimabrito@gmail.com*

Resumo

A degradação térmica e a cinética do bambu foram investigadas utilizando a análise termogravimétrica não isotérmica. A TGA foi realizada sob atmosfera de nitrogênio e em diferentes taxas de aquecimento, 5, 10, 15, 20 e 25ºC/min. Verificou-se que a zona ativa de pirólise ocorreu entre 200–390ºC e que a taxa de degradação máxima ocorreu entre 325–355ºC. Foi observado que as taxas de aquecimento têm influência no perfil das curvas de TG e DTG. A energia de ativação foi calculada através da inclinação das curvas geradas pelos métodos cinéticos de Friedman, Flynn-Wall-Ozawa (FWO) e Miura-Maki. Observou-se que energia de ativação (Ea) calculada para os diferentes métodos tenderam a aumentar com o aumento da conversão e apresentaram resultados próximos. Os modelos se mostraram eficazes para estimar a Ea.

Palavras-chave. Energia de Ativação. Bambu. Modelos cinéticos. Biomassa.

Introdução

Biomassa é uma importante fonte de energia renovável. Atualmente representa 15% da energia primária consumida em todo o mundo e tem se destacado devido à sua ampla disponibilidade e baixos impactos ambientais associados (VHATHVAROTHAI *et al*., 2013). Uma biomassa que vem sendo muito pesquisada atualmente é o bambu que apresenta grande potencial na geração de energia de elevado poder calorifico ou obtenção de produtos de grande valor agregado (TRUONG; LE, 2014).

A conversão de biomassa em combustível pode ser classificada em duas rotas principais: a bioquímica e a termoquímica (BASU, 2010). A pirólise é uma das técnicas termoquímicas mais utilizadas, que ocorre na ausência total ou parcial de oxigênio.

Assim a degradação da biomassa durante a pirólise é uma informação importante, que pode facilitar o projeto e a otimização do reator de pirólise. A análise termogravimétrica é uma técnica utilizada para avaliar a degradação térmica de materiais. A partir dos dados obtidos nesta análise, obtêm-se as curvas da perda de massa (TG) e da derivada da perda de massa

(DTG), que relacionadas com modelos cinéticos permite determinar a energia de ativação (YEO *et al*., 2019).

O presente trabalho teve como objetivo estimar, a partir de dados de TGA, a faixa de temperatura que ocorre a degradação térmica do bambu, bem como determinar a energia de ativação (Ea) utilizando diferentes modelos cinéticos.

Materiais e métodos

Biomassa

A biomassa utilizada na realização das análises desse trabalho foi o bambu da espécie *Bambusa Tulgoides* coletado na cidade de Lagoa Formosa – MG. O bambu foi moído em um moinho de facas e em seguida classificado em peneira granulométrica de 0,250 mm. As partículas passantes pela peneira foram utilizadas nos testes.

Análise Termogravimétrica

A TGA da amostra de bambu foi feita com o uso de um analisador termogravimétrico modelo TGA/DTG-60H. Em cada experimento foi utilizado aproximadamente 7 mg de bambu, que foi espalhado uniformemente no cadinho de alumina do analisador térmico. Para manter a atmosfera inerte, nitrogênio de alta pureza (99,999) foi utilizado como gás de arraste, a uma taxa de 30 mL/min. Experimentos não isotérmicos foram realizados em taxas de aquecimento de 5, 10, 15, 20 e 25ºC/min com temperaturas variando entre a temperatura ambiente e 900ºC. Entretanto, os primeiros 30 minutos de cada experimento, que correspondem a secagem da amostra, foram desconsiderados. Durante o aquecimento a massa da amostra, o tempo e a temperatura foram registrados pelo software do equipamento.

Modelos Cinéticos

A TGA é uma técnica amplamente utilizada para estudar a cinética do processo de pirólise por ser uma técnica simples e que recupera uma série de informações valiosas de um termograma (HUJURI *et al*.,2008). A taxa geral de reação de decomposição não isotérmica é apresentada na Equação 1 em que α é a conversão, t é o tempo de reação, A é o fator pré-exponencial, Ea é a energia de ativação, R é a constante universal dos gases, T é a temperatura absoluta e $f(a)$ é uma forma diferencial do modelo de reação.

$$\frac{d\alpha}{dt} = A\exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)\times f(a) \qquad (1)$$

Para um processo de TGA introduzimos $\beta = dT/dt$ na Eq. 1 e obtemos a Equação 2:

$$\frac{d\alpha}{dT} = \left(\frac{A}{\beta}\right)\exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)\times f(a) \qquad (2)$$

As Eq. (1) e Eq. (2) são expressões fundamentais dos métodos analíticos para calcular os parâmetros cinéticos com base nos dados de TGA. Neste trabalho foram usados três métodos cinéticos distintos para estimar a Ea. O fator pré-exponencial não foi foco de estudo neste trabalho.

O método de Friedman é representado pela Eq. (3). Para este método, a Ea é obtida através da inclinação da curva $\ln(d\alpha/dt) vs. 1/T$.

$$\ln\left(\frac{d\alpha}{dt}\right) = \ln\left[A \times f(\alpha)\right] - \frac{Ea}{RT} \quad (3)$$

A Eq. (4) apresenta a equação característica do modelo de Flynn-Wall-Ozawa (FWO). A inclinação da curva $\log(\beta) vs. 1/T$ fornece a Ea.

$$\log(\beta) = \log\left(\frac{AEa}{R \times g(\alpha)}\right) - 2{,}315 - 0{,}4567 \times \frac{Ea}{RT} \quad (4)$$

O modelo de Miuka-Maki é representado pela Eq. (5). Neste método a Ea é obtida através da inclinação da curva $\ln(\beta / T^2) vs. 1/T$.

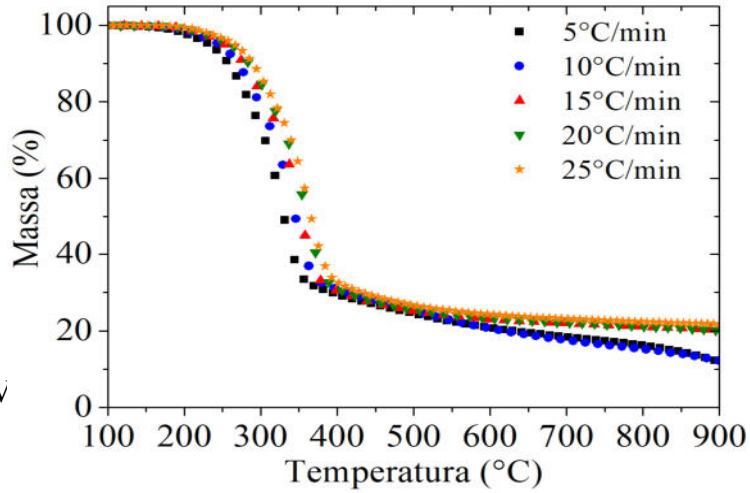
$$\ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right) = \ln\left(\frac{AR}{Ea}\right) + 0{,}6075 - \frac{Ea}{RT} \quad (5)$$

Resultados e discussões

Análise Termogravimétrica

A Figura 1 apresenta resultados das curvas de perda de massa do bambu. As análises foram realizadas em duplicata e os resultados apresentados são referentes a média entre os experimentos.

Figura 1. Curvas TG do bambu em diferentes taxas de aquecimento.

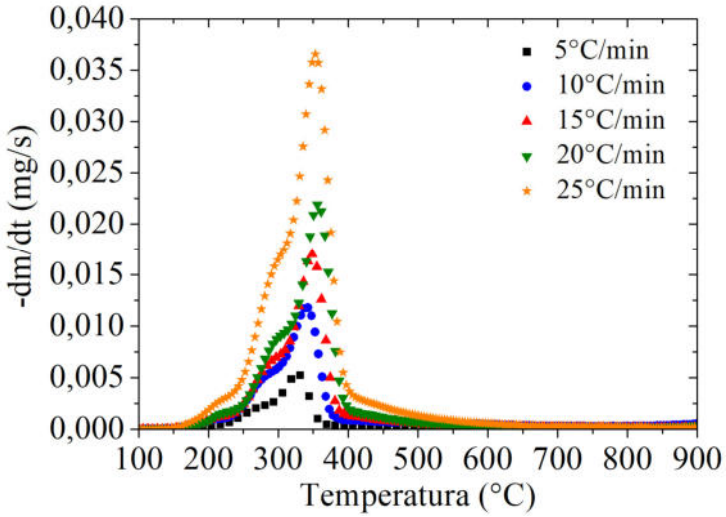


IV 9.

Observando a Fig. (1), a perda de massa pode ser divida em três etapas, de acordo com a inclinação variável da curva. A primeira etapa se inicia em 100ºC e termina em aproximadamente 155ºC. Essa etapa corresponde à vaporização da umidade presente na amostra de bambu. A segunda etapa, chamada de zona ativa de pirólise, ocorre entre 200–390ºC. Nesta etapa a perda de massa é mais acentuada, caracterizada pela decomposição da celulose e da hemicelulose e decomposição parcial da lignina (CARRIER *et al*., 2011). A partir de 400ºC, inicia-se a terceira etapa, chamada de zona passiva de pirólise, onde a perda de massa é menor, devido a lenta degradação da lignina (LIANG *et al*., 2014). Este comportamento é justificado pela composição do bambu, que segundo análise química lignocelulósica, é composto principalmente de celulose (45,0%), hemicelulose (24,0%) e lignina (19,81%).

A fim de interpretar melhor a curva TG, foi feita a derivada dessa curva. O resultado é conhecido como derivada da perda de massa (DTG) e está representado na Figura 2.

Figura 2. Curva DTG do bambu em diferentes taxas de aquecimento.



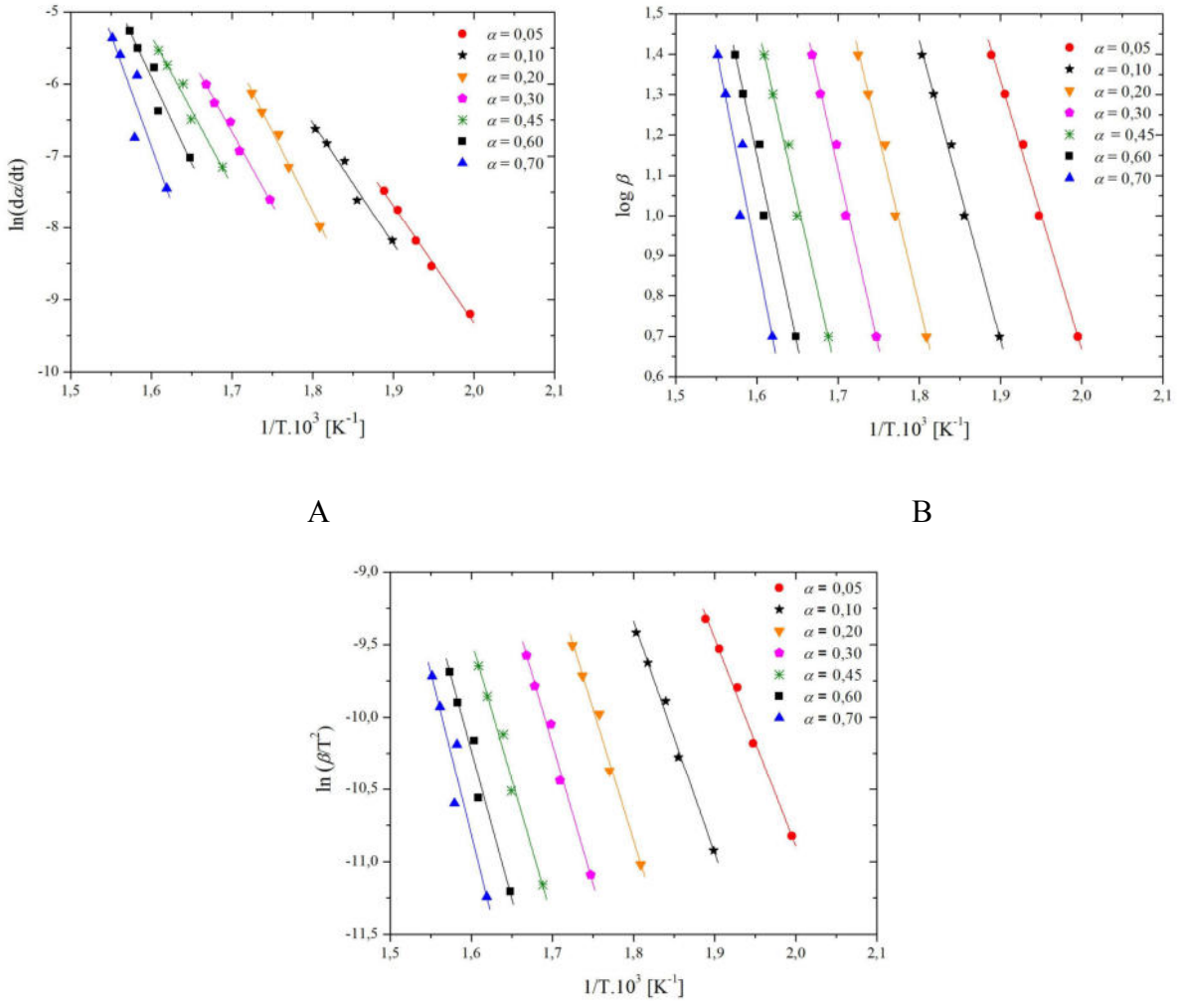
Houve dois picos aparentes nas curvas de DTG, o primeiro entre 280–315ºC e o outro entre 325–355ºC. Segundo Chen *et al*. (2015), o primeiro, corresponde a degradação da hemicelulose, que acontece entre 220ºC e 315ºC. Já o pico mais acentuado corresponde a degradação da celulose, que acontece entre 315–400ºC.

Ao observar as Fig. 1 e 2, fica evidente que o aumento da taxa de aquecimento, desloca as curvas TG e DTG para a direita, ou seja, com o aumento da taxa de aquecimento, a degradação térmica inicia-se em temperaturas mais elevadas. Além disso, para as curvas DTG, a amplitude dos picos também aumenta com o aumento da taxa, indicando um aumento da taxa de degradação máxima, observada entre 325–355ºC.

Determinação da Energia de Ativação do Bambu

Os dados obtidos através da TGA foram analisados usando os modelos cinéticos (Eq. 3, 4 e 5) a fim de obter-se a Ea, calculada a partir da regressão linear dos métodos de Friedman, FWO e Miura-Mika, apresentados na Figura 3. A faixa de taxa de conversão usada foi entre 0,05 e 0,70.

Figura 3. Curva para determinação da energia de ativação para os modelos de Friedman (A), FWO (B) e Miura-Maki (C)



A B

C

A Tabela 1 mostra os valores para Ea obtidos através das curvas da Fig. 3 e os respectivos R^2 para os três modelos. Foi observado, que a energia de ativação tende a aumentar com o aumento da taxa de conversão (α). Porém para o modelo de Friedman, entre $\alpha = 0{,}2$ e $\alpha = 0{,}3$, não

foi observado o mesmo. O R^2 para os três modelos tende a diminuir com o aumento da taxa de conversão e passa a fornecer uma Ea pouco confiável para conversões acima de 0,60.

Nota-se que os valores obtidos pelo modelo de Friedman são ligeiramente superiores aos obtidos pelos modelos de FWO e Miura-Maki. Esta diferença pode ser justificada pelo método matemático utilizado em cada um dos métodos cinéticos. Entretanto os três modelos apresentam valores próximos.

Tabela 1. Mudança da energia de ativação com a conversão para os três modelos.

	Friedman		FWO		Miura-Maki	
	Ea (kJ/mol)	R^2	Ea (kJ/mol)	R^2	Ea (kJ/mol)	R^2
0,05	135,73	0,9948	121,54	0,9955	119,22	0,9948
0,10	140,32	0,9736	135,29	0,9931	133,29	0,9922
0,20	184,58	0,9896	152,88	0,9904	151,36	0,9892
0,30	167,93	0,9891	161,80	0,9902	160,42	0,9890
0,45	172,96	0,9758	162,14	0,9872	160,43	0,9856
0,60	199,02	0,9409	171,79	0,9724	170,34	0,9690
0,70	257,24	0,8435	187,82	0,9287	187,02	0,9211
Média	179,68 ± 40,98	–	156,18 ± 20,56	–	154,58 ± 20,99	–

Conclusão

Os resultados obtidos através da TGA evidenciaram a influência da taxa de aquecimento no perfil de degradação térmica do bambu. Fica evidente que o aumento da taxa, desloca as curvas de TG e DTG para a direita, ou seja, a decomposição inicia-se em temperaturas mais elevadas e ocorre um aumento da taxa de degradação máxima. Todos os modelos cinéticos foram capazes de predizer a Ea e apresentaram resultados próximos.

Referências Bibliográficas

BASU, P. (2010) Chapter 3-pyrolysis and torrefaction, biomass gasification and pyrolysis, *Academic Press*, Boston, pp. 65e96.

BIAN, S., WANG, Y.Z.; TIAN S. (2011) Ash characteristics analysis during co-combustion of biomass and coal, *Appl. Mech. Mater*. 130e134 838e841.

CARRIER, M.; SERANI, A.L.; DENUX, D.; LASNIER, J.M.; PICHAVANT; F.H.; CANSEL, F.; AYMONIER, C. (2011) Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. *Biomass and Bioenergy*, v. 35, n. 1, p. 298–307, jan.

CHEN, W.H; PENG, J.H; BI, X.T (2015) A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications. *Renew Sustain Energy Rev*; 44:847–66.

HUJURI, U.; GHOSHAL, A.K.; GUMMA, S. (2008) Modeling pyrolysis kinetics of plastic mixtures. *Polym Degrad Stabil* 93 (10), 1832–1837.

LIANG, Y.; CHENG, B.; SI, Y.; CAO, D.; JIANG, H.; HAN, G.; LIU, X. (2014) Thermal decomposition kinetics and characteristics of Spartina alterniflora via thermogravimetric analysis. *Renewable Energy*, v. 68, p. 111–117, ago. 2014.

TRUONG, A. H.; LE, T. M. A. Overview of bamboo biomass for energy production. Hanoi: USTH, 2014. 25 p.

VHATHVAROTHAI, N.; NESS, J.; YU, J. (2013) An investigation of thermal behaviour of biomass and coal during co-combustion using thermogravimetric analysis (TGA), *Int. J. Energy Res*. 38 804 e 812.

YEO, J.Y.; CHIN, B. L. F.; TAN, J. K.; LOH, Y. S. (2019) Comparative studies on the pyrolysis of cellulose, hemicellulose, and lignin based on combined kinetics *Journal of the Energy Institute* 92, p. 27e37.

Composição química do extrato pirolenhoso de eucalipto e jurema preta frente à velocidade de carbonização

Lúcio César Dantas de Medeiros[1], Alexandre Santos Pimenta[2]

[1]*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, RN, Brasil, lucioeq@gmail.com*

[2] *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Resumo

Dentre os parâmetros utilizados no processo de carbonização da biomassa a velocidade de aquecimento apresenta-se como um dos mais importantes. Diante disto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes velocidades de aquecimento na composição química do extrato pirolenhoso coletado. Foram utilizadas madeiras de eucalipto (Eucalyptus urophylla x grandis) e jurema preta (Mimosa tenuiflora (Wild.) Poir.) cortadas em discos com diâmetros variados e secos em estufa. A carbonização ocorreu em forno elétrico tipo mufla, em três velocidades de aquecimento distintas, sendo elas 0,011; 0,016 e 0,023 ºC/s. O extrato pirolenhoso coletado foi analisado por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massa. Os resultados demonstraram que a elevação da velocidade de aquecimento aumentou o teor de furanos e piranos e diminuiu o teor de compostos fenólicos. Com isso, conclui-se que a escolha da velocidade de aquecimento deve ser realizada de acordo com o interesse principal da produção.

Palavras-chave. Vinagre de madeira. Carvão vegetal. Pirólise

Introdução

O Brasil é o país que mais produz carvão vegetal no mundo, com uma produção de 5,6 milhões de toneladas em 2013 e possuindo uma previsão estimada entre 8 e 11 milhões de toneladas para o ano de 2020 (BRASIL, 2015). Dentre as principais matérias primas utilizadas para produção de carvão vegetal no Brasil, o eucalipto (*Eucalyptus spp*.) é a espécie mais empregada (LORA; ANDRADE, 2009). Porém, na região semiárida nordestina, merece destaque a utilização da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir.) para os mesmos fins.

Durante o processo de carbonização da madeira o carvão vegetal representa aproximadamente 30% dos produtos obtidos. Os outros 70% são constituídos por emissões gasosas, sendo parte destas condensáveis e parte não condensáveis (CASTANHO; ALMEIDA; BRITO, 2012). A parte condensável destes gases pode ser coletada e utilizada, diminuindo os impactos ambientais negativos provocados pela atividade carvoeira e aumentando sua lucratividade.

Um dos constituintes da parte condensável é o extrato pirolenhoso, produto que se apresenta como um líquido aquoso, coloração amarela e caráter predominantemente ácido. Sua composição química é extremamente complexa, apresentando mais de 200 compostos químicos já identificados (WU; ZHANG; HOU; ZHENG; DENG; LIU; TANG, 2015).

Em virtude de sua complexa composição química o extrato pirolenhoso apresenta uma vasta aplicabilidade, merecendo destaque sua ação repelente de insetos, removedor de odor, preservativo de madeira, fertilizante vegetal, promotor do crescimento das plantas e aditivo para ração animal (WU; ZHANG; HOU; ZHENG; DENG; LIU; TANG, 2015), aplicações antifúngicas e antimicrobianas (YANG J; YANG C; LIANG; GAO; WU; CHUANG, 2016) e comprovada eficácia como herbicida (ZEFERINO; LIMA; VIEIRA, 2016).

As diversas aplicações relatadas se devem a determinados grupos químicos específicos, dentre os quais ácidos, álcoois, cetonas, fenóis, aldeídos e vários outros derivados da lignina (SCHNITZER; SU; VENTURA; FARIA, 2015). Porém, poucos estudos relacionam a variação destes grupos com os parâmetros da carbonização na composição química final do extrato pirolenhoso, sendo necessários mais estudos que proporcionem melhor entendimento sobre a produção e caracterização deste produto.

De modo que este trabalho tem como objetivo analisar quais as variações ocorridas na composição química do extrato pirolenhoso de eucalipto e jurema preta quando empregadas diferentes velocidades de aquecimento no processo de carbonização destas madeiras.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira e Energia da Biomassa da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA) da UFRN, localizado no município de Macaíba, no Estado do Rio Grande do Norte.

As madeiras foram coletadas na Área de Experimentação Florestal da UAECIA/UFRN, sendo utilizado eucalipto abatido com cinco anos de idade e jurema preta proveniente de floresta nativa localizada na mesma unidade com idade indeterminada. As coletadas ocorreram de forma totalmente aleatória e as amostras foram preparadas como discos de aproximadamente 0,03 m de altura com diâmetros variando de 0,07 a 0,13 m. Após a coleta as mesmas foram levadas para estufa de circulação forçada de ar a 103 ± 2 ºC e permaneceram até atingir massa constante. Em seguida foi realizada a caracterização das biomassas.

As carbonizações tiveram início com a pesagem de aproximadamente 0,500 Kg de madeira, sendo estas colocadas no interior de um container metálico e este acondicionado no interior de um forno elétrico tipo mufla. A coleta dos líquidos condensáveis foi realizada em um kitasato conectado ao sistema.

As amostras pesadas anteriormente foram carbonizadas em velocidades médias de aquecimento de 0.011 ºC/s, 0.016 ºC/s e 0.023 ºC/s. Todos os processos iniciaram a 100 ºC e foram finalizados em 450 ºC. As carbonizações foram separadas em 6 grupos distintos, onde cada um relacionava uma madeira com uma velocidades de aquecimento. Em cada grupo foram realizadas 10 carbonizações. Os líquidos condensáveis coletados de cada grupo foram

acondicionados em um mesmo recipiente, formando 6 amostras compostas deste produto. Cada uma das 6 amostras compostas de líquidos condensáveis obtidas anteriormente foi submetida separadamente ao processo de destilação fracionada. O objetivo desta etapa foi a eliminação do alcatrão e da fração oleosa presente nas mesmas.

Em seguida as amostras foram processadas segundo a metodologia empregada por Pimenta, Fasciotti, Monteiro, Lima (2018), onde a uma alíquota de 5.0 mL de extrato pirolenhoso foram adicionados 1.5 mL de solução concentrada de hidróxido de amônio PA, com o intuito de aumentar o pH do meio para próximo a 5. Em seguida foram adicionados 3.0 mL do solvente diclorometano PA com o intuito de extrair os compostos a serem identificados do meio aquoso para o meio orgânico. Após a extração líquido-líquido uma amostra de 1.0 mL da fração orgânica foi transferida para um frasco e encaminhada para a realização das análises cromatográficas.

As análises foram realizadas em um Cromatógrafo GC-MS/MS 3900 VARIAN, com coluna cromatográfica VF-5ms de (30 m x 0,25 mm), acoplado ao espectrofotômetro de massas Saturn 2100 T VARIAN, mantendo a temperatura do injetor a 250 °C. As amostras foram injetadas (1 µL) em uma razão de separação de 1:10, e o programa de temperatura do forno foi 50 ºC durante 2 min, 2 ºC/min de 50 a 240 ºC, mantido por 2 minutos. O hélio foi usado como gás de arraste com fluxo constante de 1 mL/min. Os compostos foram identificados e comparados com base em seus espectros de massa com os da biblioteca NIST. Todos os compostos químicos aqui relatados tiveram similaridade no espectro de massa acima de 80%.

Após as identificações os compostos foram organizados em 5 classes químicas distintas, sendo elas álcoois e ácidos (AA), aldeídos e cetonas (AC), outros (OT), furanos e piranos (FP) e compostos fenólicos (CF).

Resultados e discussão

A caracterização das biomassas (Tabela 1) demonstrou que os maiores teores de carbono fixo e lignina, assim como a maior densidade estão presentes na madeira de jurema preta. Em contra partida, a madeira de eucalipto apresentou os maiores teores de umidade, materiais voláteis, cinzas, celulose e hemiceluloses.

Tabela 1. Valores médios de umidade (U), voláteis (V) e cinzas (C) calculados pelas normas da Sociedade Americana de Testes e Materiais E 871-82, E 872-82 e E 1755-01, respectivamente.

	ANALISE IMEDIATA (%)				ANÁLISE QUÍMICA (%)			DENSIDADE
	U	V	C	CF	L	CE	H	Kg/m³
EUCALIPTO	7.64	81.72	2.39	8.25	14.58	48.54	28.36	510
JUREMA PRETA	6.26	73.61	1.96	18.18	32.92	32.02	15.52	980

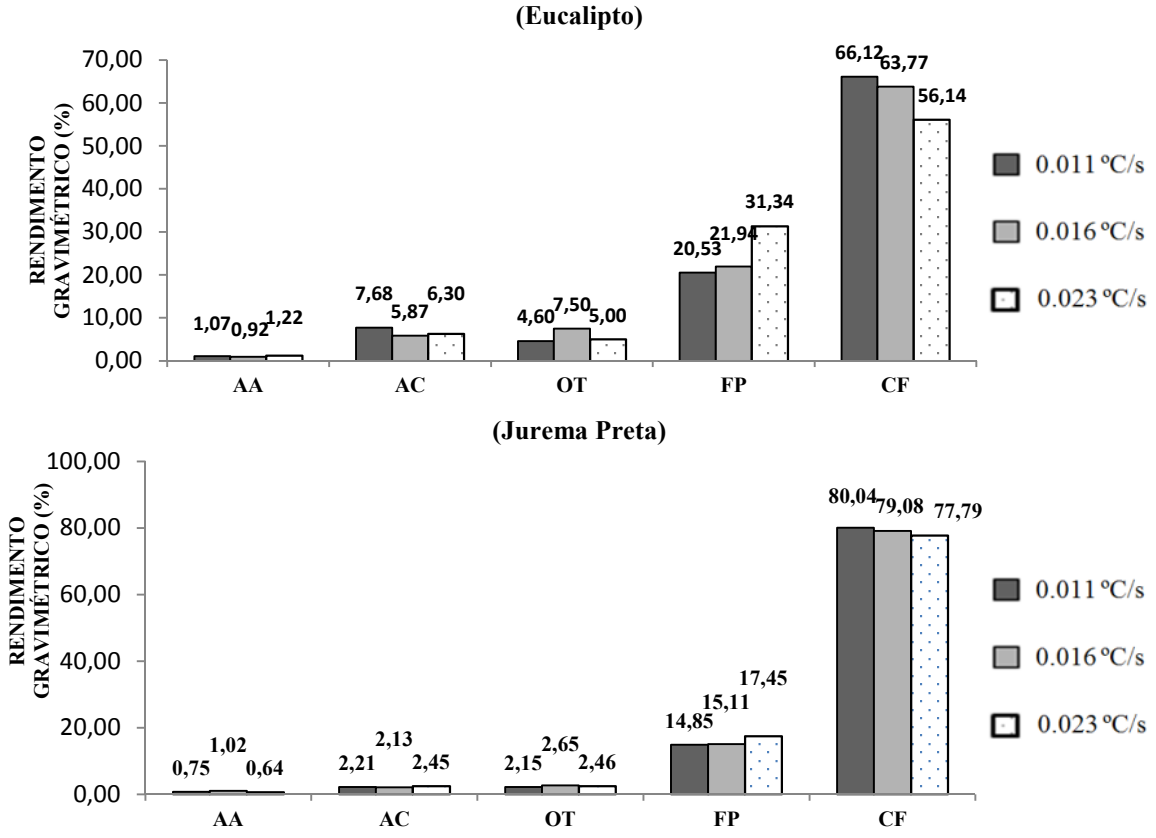
* Percentual de carbono fixo calculado por diferença.

**CF – Carbono fixo, L – Lignina, CE – Celulose, H – Hemiceluloses.

Entre os principais produtos encontrados na composição química tanto do extrato pirolenhoso de eucalipto quanto da jurema preta estão, em ordem decrescente, o 2-methoxyphenol (guaiacol), 2,6-dimethoxy-phenol, furfural, Phenol 3-ethyl-2-methoxy e Phenol. Juntos eles representaram em média 59,75% e 69,93% da composição química total dos extratos pirolenhosos de eucalipto e jurema preta, respectivamente.

Em relação à variação percentual dos compostos químicos presentes no extrato pirolenhoso de ambas as biomassas frente à velocidade de aquecimento empregada (Figura 1), é observado que à medida que a velocidade de aquecimento cresce os teores de furanos e piranos aumentam, enquanto os teores dos compostos fenólicos diminuem. As demais classes apresentam variações não lineares em função das velocidades de aquecimento empregadas, de modo que os maiores teores da classe Outros é observado na velocidade de aquecimento de 0.016 ºC/s para ambas as biomassas. Com relação às classes álcoois e ácidos e aldeídos e cetonas são observadas variações que divergem para cada biomassa.

Figura 1. Distribuição das classes químicas de ácidos e álcoois (AA), aldeídos e cetonas (AC), outros (OT), furanos e piranos (FP) e compostos fenólicos (CF) identificados nos extratos pirolenhosos.



Os altos teores de compostos fenólicos estão condizentes com valores encontrados na literatura. Souza, Re-Poppi, Raposo Junior (2012) trabalhando com extrato pirolenhoso de eucalipto aplicado na agricultura brasileira encontraram valores superiores a 60% de compostos fenólicos na composição total das amostras analisadas. Já Yang G, Yang C, Liang, Gao, Wu, Chuang (2016) trabalhando com *Litchi chinensis*, encontraram valores de 83,96% de compostos fenólicos no extrato pirolenhoso desta espécie em relação à composição química total, associando estes altos teores à clivagem de ligações éter e carbono-carbono da lignina da biomassa. De modo que os maiores teores de lignina na madeira de jurema preta explicam a maior presença de compostos fenólicos encontrados no seu extrato pirolenhoso frente ao do eucalipto.

Os teores de furanos e piranos também estão condizentes com valores encontrados na literatura. Estes estão próximos aos encontrados por Pimenta, Fasciotti, Monteiro, Lima (2018), que trabalhando com a mesma espécie e condições experimentais semelhantes encontraram nestes os segundos compostos mais abundantes. O aumento do teor de furanos e piranos (FP) frente maiores velocidades de aquecimento esta relacionado aos maiores rendimentos de líquidos coletados, visto que estes são majoritariamente constituídos pela decomposição térmica da celulose e hemicelulose, segundo Galaverna e Pastre (2017). Por este motivo, a maior presença destes compostos químicos no extrato pirolenhoso do eucalipto, em comparação ao da jurema preta, pode ser explicado, visto que a primeira biomassa apresenta maior teor de celulose e hemicelulose que a segunda.

Por fim, os baixos teores de álcoois e ácidos, aldeídos e cetonas e outros estão em acordo com os resultados encontrados por Araújo, Feijó, Pimenta, Castro, Fasciotti, Monteiro, Lima (2017) que empregaram materiais e metodologia semelhante aos utilizados no atual trabalho.

Conclusões

A velocidade de aquecimento influencia na composição química final do extrato pirolenhoso produzido. De modo que maiores velocidades de aquecimento favorecem a produção dos compostos furanos e piranos e desfavorecem a produção de compostos fenólicos.

Agradecimentos

À Escola Agrícola de Jundiaí (EAJ) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) pelo auxílio financeiro concedido.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, E. S., FEIJÓ, F.M.C., PIMENTA, A.S., CASTRO, R.V.O., FASCIOTTI, M., MONTEIRO, T.V.C., E LIMA, K.M.G. (2017) Antibacterial and antifungal activities of pyroligneous acid from wood of Eucalyptus urograndis and Mimosa tenuiflora. Journal Of Applied Microbiology. V. 124, N. 1, pp. 85-96.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior. (2015) Modernização da produção de carvão vegetal: subsídios para revisão do plano siderurgia. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents. Acesso em 05/04/2018.

CASTANHO, R.M., ALMEIDA, R. E BRITO, J.O. Estudo do licor pirolenhoso produzido a partir de Diferentes espécies madeireiras da caatinga. SIICUSP, 20. 2012.

GALAVERNA, R. E PASTRE, J.C. (2017) Production of 5-(Hydroxymethyl)furfural from Biomass: Synthetic Challenges and Applications as Building Block in Polymers and Liquid Fuel Production. Revista Virtual de Química. V. 9, N. 1, pp. 248-273.

LORA, E.S. E ANDRADE, R.V. (2009) Biomass as energy source in Brazil. Renewable Energy and Sustainable Reviews. V. 13, N. 4, pp. 777-788.

PIMENTA, A.S., FASCIOTTI, M., MONTEIRO, T.V.C. E LIMA, K.M.G. (2018) Chemical Composition of Pyroligneous Acid Obtained from Eucalyptus GG100 Clone. Molecules. V. 23, N. 2, pp. 426-438.

SCHNITZER, J., SU, M.J., VENTURA, U.M. E FARIA, R.T. (2015) Doses de extrato pirolenhoso no cultivo de orquídea. Revista Ceres. V. 62, N. 1, pp. 101-106.

SOUZA, J.B.G., RE-POPPI, N. E RAPOSO JUNIOR, J.L. (2012) Characterization of Pyroligneous Acid used in Agriculture by Gas Chromatography Mass Spectrometry. Journal Of The Brazilian Chemical Society. V. 23, n. 4, pp. 610-617.

ZEFERINO, I., LIMA, E.A. E VIEIRA, E.S.N. (2016) Uso de extrato pirolenhoso em mistura com herbicida no controle da germinação de plantas daninhas, In: Embrapa Florestas. pp. 50-51.

YANG, J.F., YANG, C.H., LIANG, M.T., GAO, Z.J., WU, Y.W. E CHUANG, L.Y. (2016) Chemical Composition, Antioxidant, and Antibacterial Activity of Wood Vinegar from Litchi chinensis. Molecules. V. 21, N. 9, pp. 1-10.

WU Q., ZHANG, S., HOU, B., ZHENG, H., DENG, W., LIU, D. E TANG, W. (2015) Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process. Bioresource Technology. V. 179, pp. 98-103.

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E QUÍMICAS DO *SALIX X RUBENS* SCHRANK

Taíse Mariano Rodrigues[1], Martha Andreia Brand[2], Janaina Beatriz Toniello Vieira[3], Aline Lima de Sena[4], Taís Pitz[5]

[1]Engª De Produção, Mestranda no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil – taise.udesc@hotmail.com
[2]Engª Florestal, Drª., Depto. de Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil
[3]Graduanda em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil
[1]Engª Florestal, Mestranda no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil
[4]Graduanda em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil

Resumo

O vimeiro como é popularmente conhecido é um híbrido resultante do cruzamento de duas espécies europeias o salgueiro branco (Salix alba) com salgueiro quebradiço (Salix fragilis) (MOURA, 2002). É cultivado em São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e no planalto serrano catarinense sendo este responsável por cerca de 80% da produção nacional, são cultivadas principalmente para o artesanato. Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a Epagri – Lages, na qual forneceu o material para estudo proveniente da cidade de Bocaina do Sul. As caracterizações atômica e química são fundamentais para o conhecimento da espécie e aprimoramento do seu uso produtivo. Foram utilizados a média de cinco coletas/indivíduos no estudo, na parte anatômica foi realizado os cortes histológicos nos três sentidos da madeira e comparada com a espécie Salix viminalis. Na parte química foi analisada os extrativos em água fria, água quente, etanol-tolueno, NaOH, teor de cinzas e teor de lignina. Os resultados quanto as análises anatômicas demonstraram poros não obstruídos por tilos, baixa quantidade de parênquima axial e radial. Quanto as análises químicas o vime apresentou baixo teor de lignina e baixo teor de cinzas.

Palavras-chave. Vime, celulose, energia

Introdução

O gênero Salix (Salicaceae) compreende 400 espécies e 200 híbridos, ocorrendo em todos os continentes, sendo mais numerosos no Hemisfério Norte (NEWSHOLME, 2002). Um dos fatores responsáveis pela grande disseminação do Salix foi o intercâmbio de espécies e híbridos entre América, Europa e Ásia ao longo de muitos séculos para a fabricação de objetos artesanais.

Em Santa Catarina, em pequenas cidades como Rio Rufino, Bom Retiro, Bocaina do Sul os agricultares cultivam esta espécie de planta para a confecção de cestarias, sendo o hídrido *Salix x rubens* amplamente cultivado, tornando-se uma fonte de renda econômica para a região. (MOURA, 2002; TAGLIARI, 1998). Além de serem fornecedores de matéria-prima, produtos com pequeno valor agregado também são vendidos para grandes centros urbanos.

Estudos para a melhoria dos processos de produção agrícola do vime já vem sendo realizados há vários anos, o que confere a região melhorias significativas nesta fase do processo. Contudo após a colheita, as informações, pesquisas e desenvolvimento precisam ser mais abrangente. Portanto, para a valorização da matéria-prima e desenvolvimento tecnológico de seu uso, não apenas de forma artesanal, mas de forma também industrial, como acontece com outras fibras naturais, é fundamental a caracterização tecnológica do vime e de prospecção de outras formas de utilização.

Material e Métodos

A descrição correta do material utilizado nas análises é fundamental para possibilitar a comparação com outros trabalhos e como suporte para os processos de uso e comercialização. Desta forma, para este estudo foi utilizada a nomenclatura proposta pela EPAGRI – Lages, descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição técnica da nomenclatura aplicada ao Vime

Termo utilizado no trabalho	Descrição do termo
Vimeiro	Planta que dá origem ao vime
Vimal	Lavoura de vime
Vime	Ramo do vimeiro
Fita	Camada longitudinal de 1 a 2 mm de espessura do vime, pode ser denominada casquinha, miolo ou rejeito, dependendo da posição de sua retirada do vime
Casquinha	Fita da primeira camada abaixo da casca do vime
Miolo 1	Fita da segunda camada abaixo da casca do vime
Miolo 2	Fita da terceira camada abaixo da casca do vime
Miolo 3	Fita da quarta camada abaixo da casca do vime
Rejeito	Material que não formou fita, inclui a medula.
Vimicultor	Agricultor que cultiva o vimeiro

Fonte: EPAGRI, 2018.

Para as análises anatômica e química do material, foi-se utilizados fitas e vime de cinco coletas realizadas em diferentes épocas do ano. O material foi coletado no município de Bocaina do Sul, sendo este um dos principais produtores desta matéria-prima. A Tabela 2 compreeende a descrição do material utilizado para análise.

Tabela 2. Descrição do material utilizado para a caracterização anatômica e química do vime

Número da amostra	Composição da amostra						
1	Vime	Casquinha 1	1 Miolo 1	1 Miolo 2	1 Miolo 3	Rejeito	
2	Vime	Casquinha 2	2 Miolo 1	2 Miolo 2	2 Miolo 3	Rejeito	
3	Vime	Casquinha 3	3 Miolo 1	3 Miolo 2	3 Miolo 3	Rejeito	
4	Vime	Casquinha 4	-	4 Miolo 2	4 Miolo 3	Rejeito	
5	Vime	Casquinha 5	5 Miolo 1	5 Miolo 2	-	Rejeito	
Salix x rubens	Vime						
Salix viminalis	Vime						

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

A caracterização anatômica foi realizada através de cortes histológicos nos três sentidos anatômicos da madeira. O preparo das lâminas seguiu técnica padrão: após fervura em água dos corpos-de-prova, foram seccionados em micrótomo de deslize, coloridos com safranina e azul-de-astra, desidratados em série alcoólica crescente. Em seguida, foram montadas lâminas permanentes,usando-se "Entellan" como meio de montagem. Para comparação da estrutura foi descrita também a espécie *Salix viminalis.*

Terminologia para descrições microscópicas seguiram as recomendações da Lista IAWA de Recursos microscópicos para identificação de Harwood (Comitê IAWA 1989).

Os ramos utilizados para a descrição anatômica tinham 1 ano de idade, portanto não sendo distintos os anéis de crescimento da espécie.

Além das caracterização do tecido, foi realizada a maceração do material analisado. Este processo permite a mensuração dos componentes celulares de forma individualizada, que por sua vez é utilizada para o cálculo de coeficientes que indicam a qualidade do material para a produção de celulose e papel.

Após maceração foram medidos os diâmetros interno e externo e comprimento das estruturas celulares, principalmente fibras.

A partir das medições das fibras foram calculados:

Nomenclatura	Base de cálculo	Descrição Variáveis
Índice de Runkel (IR)	R= (2 x e) / d	e = espessura da parede celular; d = diâmetro interno da célula;
Coeficiente de Flexibilidade (CF)	CR = (d / D) x 100	d = diâmetro interno da célula; D = diâmetro externo da célula;
Indice de Enfeltramento (IE)	P = L / D	L = comprimento da fibra; D = diâmetro externo da fibra;
Fração Parede (FP)	FP = (2e/D) x 100	e = espessura da parede celular; D = diâmetro externo da fibra;

As propriedades químicas avaliadas foram o teor de cinzas (NBR 13999), solubilidade em água (NBR 14577), solubilidade em etanol-tolueno (NBR 14853), solubilidade em NaOH à 1 % (NBR 7990) e o teor de lignina (NBR 7989). Para preparação do material e identificação do teor de umidade foram utilizadas as normas NBR 7990 e NBR 14929, respectivamente.

Resultados e discussão

Caracterização anatômica

A espécie *Salix x rubens*, na seção transversal, apresenta poros solitários em maioria, germinados e múltiplos radiais de 3 células; o formato da seção é ovalada, sem presença de conteúdos ou tilos. O tamanho dos poros variou de 20 a 80 micrometros (0,02 a 0,08 milímetros); sendo que a maioria dos poros tem 60 micrometros, com um desvio padrão de 12,37. O parênquima axial é apotraqueal difuso e vasicêntrico escasso e as fibras possuem paredes finas. Resultados similares ao encontrado por Denardi et. al (2008) que apresentou

poros solitários ou dispostos em múltiplos radiais de 2 – 3, medindo 57 ± 10 micrometros de diâmetro interno, parênquima axial extremamente escasso e aparentemente marginal, sem formar faixas contínuas no limite do anel de crescimento. A referida autora descreve a presença de anéis de crescimento, indicando uma planta superior a 1 ano de idade, diferentemente do estudo em questão. O corte transversal pode ser visualizado na Figura 1.A.

Pode-se observar no material analisado a presença de máculas medulares. Esta estrutura é constituída de células parenquimáticas, não lignificadas, que muitas vezes contém substâncias tóxicas. As máculas medulares são produzidas quando a madeira recebe injurias mecânicas, físicas ou biológicas, tendo portanto função de proteção da madeira. Porém, para a utilização tecnológica se constitui em problema, pois nos locais onde são formadas as máculas medulares (Figura 1.B) a estrutura é mais frágil, além de conter substâncias extrativas de proteção que no caso de utilização na indústria química podem reagir com os produtos do processo formando sub-produtos ou dificultando as reações.

Em corte radial (Figura 1.C) podem ser observadas as placas de perfuração do tipo simples, os raios são heterogêneos, contendo células procumbentes e eretas e pontuações com raio vasculares grandes. As fibras são libriformes. Denardi et. al (2008) encontrou raios heterogêneos, reunindo células procumbentes, eretas e quadradas.

Em corte tangencial os raios de exclusivamente unisseriados, com pontuações intervasculares alternas grandes (Figura 1.D) e raios altos, variando de 3 a 39 células de altura, tendo uma média de 12 células e desvio padrão de 7,12.

Figura 1. Cortes histológicos do *Salix x rubens*

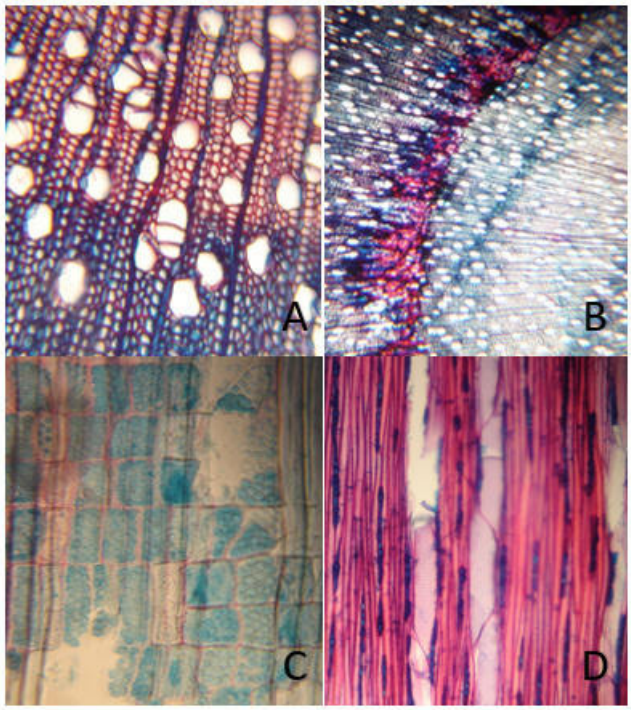


Figura 1.A Corte transversal da madeira de *Salix x rubens.* Figura 1.B. Máculas medulares em ramos de vime da espécie *Salix x rubens,* acompanhando o sentido de crescimento radial, em corte transversal. Figura 1.C. Corte radial de *Salix x rubens.* Figura 1.D. Corte tangencial de *Salix x Rubens*

Os resultados obtidos para *Salix viminalis* indicam que a espécie tem poros solitários em maioria, geminados e múltiplos radiais com 3 ou 4; seção arredondada a ovalada, sem presença de conteúdos ou tilos. O tamanho dos poros variou de 40 a 60 micrometros, com valor mais comum de 60 micrometros, com desvio padrão de 6,26. O parênquima axial é apotraqueal difuso e parotraqueal escasso vasecêntrico fibras de paredes finas a médias.

Em corte radial as placas de perfuração são simples; raios heterogêneos com células procumbentes e eretas e pontuações raio vasculares grande; fibras libriformes.

Em corte tangencial as pontuações intervasculares são grandes e os raios altos, variando de 6 a 32 células de altura, tendo uma média de 15 células e desvio padrão de 7,31.

Os resultados obtidos para as espécies de *Salix x rubens* e *Salix viminalis*, quanto as dimensões dos elementos estruturais podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios do comprimento, diâmetro interno e externo (micrometros) para fibras da madeira de *Salix x rubens* e *Salix viminalis*

Amostra	Comprimento (μm)	Diâmetro interno (μm)	Diâmetro externo (μm)	Espessura da parede (mm)
V1	64	1,14	1,65	0,51
V2	58	1,21	1,76	0,55
V3	57	1,30	1,80	0,50
V4	57	1,39	1,88	0,49
V5	67	1,24	1,77	0,53
Salix viminalis	48	0,78	1,29	0,51

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

As fibras de ambas as espécies são curtas, com comprimentos não superiores a 0,05 mm. Isto é esperado para espécies de Angiospermas. Além disso, a espécie de *Salix viminalis* tem comprimento das fibras menor que *Salix x rubens*. A espessura da parede é fina e não varia entre as espécies avaliadas, porém tanto o diâmetro interno como externo do *Salix x rubens* são maiores que do *S. Viminalis*.

Os coeficientes que indicam a aptidão da madeira para a produção de celulose e papel são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios dos Índice de Runkel (IR); Coeficiente de Flexibilidade (CF), Índice de Enfeltramento (IF) e Fração Parede (FP).

Amostra	IR	CF (%)	IE	FP (%)
1	0,52	68	40	64
2	0,51	67	35	65
3	0,43	71	33	58
4	0,41	72	32	55
5	0,47	69	40	61
Salix viminalis	0,71	60	39	80

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Tanto para a espécie de *Salix x rubens* como para *Salix viminalis* os valores de FR são baixos, inferiores a 1, indicando a potencialidade de ambas para a produção de celulose e papel. Conforme Foelkel & Barrichelo (1975) o IR está diretamente relacionada as propriedades de celulose e papel, quanto menor seu valor mais resistente é a fibra, pois as mesmas possuem capacidade de interligação.

Fibras com índice até 0,25 é tida como excelente para papel; de 0,25 a 0,50 é muito boa; de 0,50 a 1,00 é boa; de 1,00 a 2,00 regular e, acima de 2,0 não deve ser usada para papel, tendo em vista tratar-se de fibra com paredes espessas ou muito espessas (RUNKEL, 1952).

A espécie de *Salix x rubens* apresenta bons CF, inclusive melhores que o apresentado pelo *Salix viminalis*. Segundo Foelkel (1978) o CF indica o grau de ligação das fibras. Quanto maior este coeficiente, maior a sua possibilidade de colapso durante o refino, consequentemente maior ligação entre as fibras, aumentando as resistências ao estouro e tração e diminuindo a resistência ao rasgo. Assim, este índice confirma que a espécie possui fibras de paredes finas, tendo alto achatamento e amoldamento para a produção de papel, sendo fibras flexíveis.

Para Foelkel & Barrichelo (1975), valores superiores a 40 % de FP indica celulose de baixa qualidade, pois as fibras são rígidas, possuindo dificuldades de interligações.

Já o IE é uma característica que indica o afilamento da fibra, sendo valores acima de 50 mais indicados para boas características do papel relacionadas ao rasgo e dobras duplas (FOELKEL, 1978; BALDI, 2001).

Os valores de FP são superiores a 40% e o IE são baixos para ambas as espécies, contradizendo os coeficientes anteriores, não indicando as espécies para a produção de celulose e papel.

Caracterização química

As propriedades químicas avaliadas foram o teor de extrativos através de vários métodos de extração conforme NBR específicas; teor de cinzas e lignina sendo que os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5. Propriedades químicas do *Salix x rubens*

Amostra	Teor de cinzas (%)	Água fria (%)	Água quente (%)	Etanol-tolueno (%)	NaOH (%)	Teor de lignina (%)
V1	0,65	1,42	4,71	7,96	19,7	21,19
V2	0,58	1,93	5,54	9,59	19,26	23,43
V3	0,88	2,99	4,86	14,7	24,16	20,65
V4	0,62	1,7	4,08	8,04	20,71	
V5	0,66	3,22	11,42	14,82	16,26	
Média	**0,68**	**2,25**	**6,12**	**11,02**	**20,02**	**21,76**

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O teor de cinzas representa a porcentagem de componentes minerais presentes na madeira. O teor de cinzas do material avaliado é extremamente baixo (0,68%).

Os extrativos obtidos a partir da extração com água fria são taninos, gomas, acuçares, e materiais coloridos. Para o material avaliado, obteve-se uma média de 2,25% destes materiais. A maior proporção foi encontrada na amostra V5 que teve sua coleta realizada em setembro, pois neste período a planta retoma as atividades fisiológicas, tendo maiores reservas de açucares.

Os extrativos obtidos a partir da extração com água quente são todos os obtidos em água fria, mais o amido. A média obtida foi de 6,12% com maior proporção na amostra V5.

Os extrativos obtidos a partir da extração com etano-tolueno são as graxas, gorduras, resinas, fotoesterois e hidrocarbonetos não voláteis, carboidratos de baixo peso molecular, sais e outras substâncias solúveis em água. A média para estes extrativos foi de 11,02%.

Na extração em hidróxido de sódio (NaOH), obtém-se os carboidratos de baixo peso molecular, principalmente as polioses e a celulose degradada. Inclusive, este método é utilizado para a avaliação do nível de biodegradção de materiais. Para esta variável obteve-se uma média de 20,02%.

O teor de lignina do vime é baixo, sendo esta variável importante na fabricação de celulose e papel. Mas vale ressaltar que outras características influenciam no processo de obtenção.

Mleczek et. al (2010) em seu estudo de produtividade de biomassa e potencial de fitorremediação de *Salix alba* e *Salix viminalis* encontrou para os oito cultivares de *S.viminalis* e um cultivar de *S. Alba* valores de média inferiores para os soluvéis em água fria (1,60%), em água quente (2,19%) e em etanol-benzeno (3,85%), esta diferença pode ser percebida na amostra V5, na qual a epóca de coleta interferiou no resultado. E valor superior de teor de cinzas (2,09 %) e similar ao teor de lignina (21,54%).

Conclusões

- Apresenta vantagens no processo de secagem, pois os poros não são obstruídos por tilos ou substancias extrativas;
- Poderá apresentar baixa resistência mecânica, por apresentar baixa quantidade de parênquima axial e radial;
- Apresenta comportamento positivo em relação a biodegradação;
- Por possuírem máculas medulares pode-se constituir problemas no processo artesanal, pois onde as máculas se formam tornam a estrutura mais frágil e quebradiça, dificultando o manuseio;
- Possuem teor de lignina baixo, vantagem no processo de obtenção de celulose e papel;
- Teor de cinzas baixo, variável positiva para uso energético;
- A partir da mensuração das fibras não houve concordância quanto os coeficientes calculados para fabricação de celulose e papel.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 14577: Pasta celulósica e madeira – Determinação do material solúvel em água, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 14853: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno, em diclorometano e em acetona, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 14929: Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 7990: Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 7990: Madeira - Amostragem e preparação para análise, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7989: Pasta celulósica e madeira – Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – Determinação do resíduo (cinzas) após a incineração a 525 ºC, 2017.

MOURA, Y.P.G. Introdução de novas espécies de Salix (Salicaceae) no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil. Embrapa, 2002 (Comunicado técnico; n. 71).

NEWSHOLME, C. Willows, the genus Salix. Timber Press, Portland, 2002.

TAGLIARI, P.S. A cultura do vime em Santa Catarina: altos e baixos de uma alternativa econômica e social. Agropecuária Catarinense 11: 23-29, 1998.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identificacion. IAWA Bulletin, v. 10, n. 3, p. 218-359,1989.

DENARDI, L. MARCHIORI, J.N.C. DURLO, M.A. Anatomia da madeira de *Salix x rubens* Schrank (salicaceae). Balduinia. n.13, p. 27-31, 15-iv-2008.

FOELKEL, C. E.; BARRICHELO, L. E. G. Tecnologia de celulose e papel. Piracicaba: USP: ESALQ: CALQ, 1975. p. 207.

RUNKEL, R.O.H. 1952. Pulp from tropical wood. TAAP, 35 (4): 174-178.

FOELKEL, C. E. B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J. R. O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose Kraft. Cenibra Pesquisa, Belo Oriente, v. 58, 34p. maio, 1978.

BALDI, F. Il processo di produzione dele paste chimiche e il loro trattamento. In: CORSO DI TECNOLOGIA PER TECNICI CARTARI, 8., 2000, Verona. Anais... Verona: Scuola Grafica Cartaria, 2001. 41p.

DESCRIÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CULTIVAR *SALIX X RUBENS* SCHRANK

Janaína Beatriz Toniello Vieira[1], Martha Andreia Brand [2], Taíse Mariano Rodrigues[3], Guilherme Galeski[4], Taís Pitz[5]

[1]*Graduanda em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil - beatriztoniello@gmail.com*
[2] *Engª Florestal, Drª,Depto de Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*
[3]*Engª de Produção, Mestranda no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*
[4]*Graduando em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*
[5]*Graduanda em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*

Resumo

O Vime é oriundo de algumas espécies de Salix, sendo o principalmente do hibrido Salix x rubens, proveniente do cruzamento de Salix alba e Salix fragilis. A região do vale do Rio Canoas, no planalto de Santa Catarina, se destaca por ser a maior produtora de vime destinado ao artesanato do Brasil. Porém, tanto em relação à matéria-prima como aos produtos, a tecnologia envolvida no processo produtivo é pequena, o conhecimento da matéria-prima é precipitado e a diversificação do uso do vime é irrelevante. Este estudo tem como objetivo descrever algumas propriedades físicas, visando a melhoria do processo produtivo atual. O material utilizado foi separado conforme as partes da planta, sendo divididos em: vime, miolo 1, miolo 2, miolo 3, miolo 4, rejeito e a casquinha. Foi analisado teor de umidade, curva de histerese e massa específica. Os resultados demonstraram que o vime possui baixa umidade, impedindo a degradação por fungos ou outros agentes. A curva de histerese exclui a casquinha para o artesanato e a massa específica é semelhante ao Pinus sp., sendo esta preferida para produção de papel e celulose.

Palavras-chave. Vime; histerese; massa específica.

Introdução

Um dos fatores que promoveram o intercâmbio regional das espécies e híbridos, no início do século XX, foi a facilidade para do uso do material para o artesanato. Durante muitos séculos, várias espécies foram empregadas na manufatura de objetos, como cestos e móveis. (VARGAS, 2011). As mais utilizadas para o artesanato são *Salix triandra, Salix purpurea* e *Salix viminalis*, por apresentarem varas flexíveis e finas. As espécies de *Salix,* especialmente o hibrído *Salix x rubens,* vem ganhando espaço de cultivo no Brasil, no vale do Rio Canoas, região da Serra Catarinense (MOURA,2002). Esta é uma das melhores regiões do Brasil para o cultivo dessas espécies (EPAGRI, 2006). Segundo Vargas (2011), cultivo do Salix na região do vale do Rio Canoas apresenta grande relevância social, econômica e ambiental. Na medida em que a atividade ganha importância, firmaram-se também parcerias entre vários atores do conjunto da sociedade. Apesar de já terem sido realizados alguns estudos sobre espécies de

vime no Brasil, ainda há muito a ser pesquisado, os agricultores e os artesãos dependem do resultado de trabalhos como este para melhorar suas condições de vida e produção. O objetivo deste trabalho é descrever algumas propriedades físicas, visando a melhoria do processo produtivo atual.

Material e Métodos

Para a descrição tecnológica do material, foram utilizados fitas e vime de cinco coletas realizadas em épocas de colheita diferentes. O material foi fornecido pela EPAGRI e é oriundo da cidade de Bocaina do Sul. A descrição do material pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição do material utilizado para a caracterização tecnológica do vime produzido na região serrana sul de Santa Catarina

Número da amostra	**Composição da amostra**					
1	Vime	Casquinha 1	1 Miolo 1	1 Miolo 2	1 Miolo 3	Rejeito
2	Vime	Casquinha 2	2 Miolo 1	2 Miolo 2	2 Miolo 3	Rejeito
3	Vime	Casquinha 3	3 Miolo 1	3 Miolo 2	3 Miolo 3	Rejeito
4	Vime	Casquinha 4	-	4 Miolo 2	4 Miolo 3	Rejeito
5	Vime	Casquinha 5	5 Miolo 1	5 Miolo 2	-	Rejeito
Salix x rubens	Vime					
Salix viminalis	Vime					

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Para a caracterização tecnológica do material recomenda-se o uso de pelo menos cinco indivíduos ou amostras. Assim, para algumas propriedades foram utilizadas as médias obtidas das cinco amostras e em outros casos realizou-se a comparação entre as partes do vime (casquinha, miolo e vime). Em cada resultado obtido será descrita a forma de análise.

Resultados e discussão

O teor de umidade é uma das propriedades físicas mais importantes, pois está intimamente relacionada com o comportamento da matéria-prima frente a biodegradação e comportamento tecnológico do uso do material. O vime é um material higroscópico, ou seja, perde ou ganha umidade para o ambiente onde se encontra até entrar em equilíbrio com o meio.

Avaliando-se o teor de umidade na base seca do material recém-chegado ao laboratório para análise, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2– Valores médios do teor de umidade na base seca de *Salix x rubens* e *Salix viminalis*

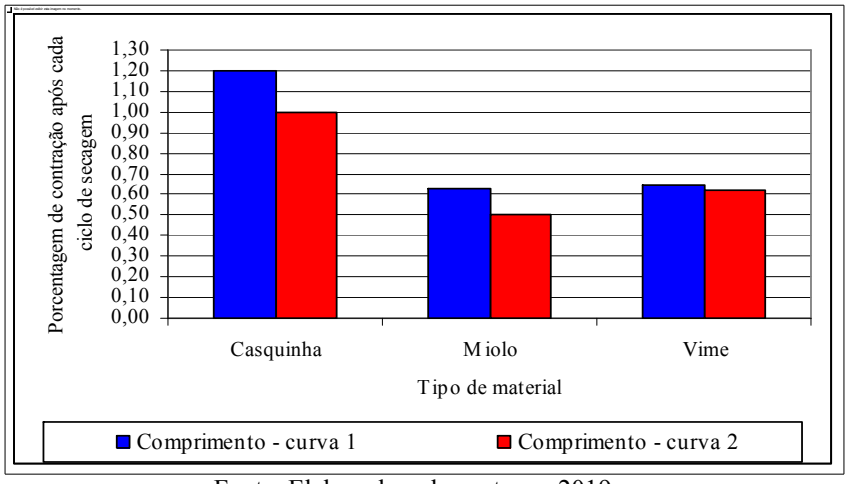
Posição	**Amostra 1 (%)**	**Amostra 2 (%)**	**Amostra 3 (%)**	**Amostra 4 (%)**	**Amostra 5 (%)**
Casquinha	13	13	13	13	13
Miolo 1	13	13	13		13
Miolo 2	13	14	14	14	13
Miolo 3	17	14	14	13	
Rejeito	13	13	13	13	13
Vime	14	14	13	10	13
S. rubens	12				
S. viminalis	12				

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Pode-se observar que o material estava em equilíbrio com o meio, com teores de umidade até inferiores à umidade de equilíbrio da região (Lages = 18% de umidade de equilíbrio para madeira).

Materiais lignocelulósicos como o vime apresentam o fenômeno de histerese. Este fenômeno se caracteriza pelo reagrupamento das microfibrilas constituintes do material, de forma que a cada ciclo de secagem as pontes de hidrogênio fortalecem as ligações impossibilitando a entrada e saída da água além de alterar o comportamento de contração e de flexibilidade das fibras da madeira. Para o material avaliado foram realizadas duas curvas de secagem e saturação. Os resultados obtidos podem ser visualizados nas Figuras 1, 2 e 3.

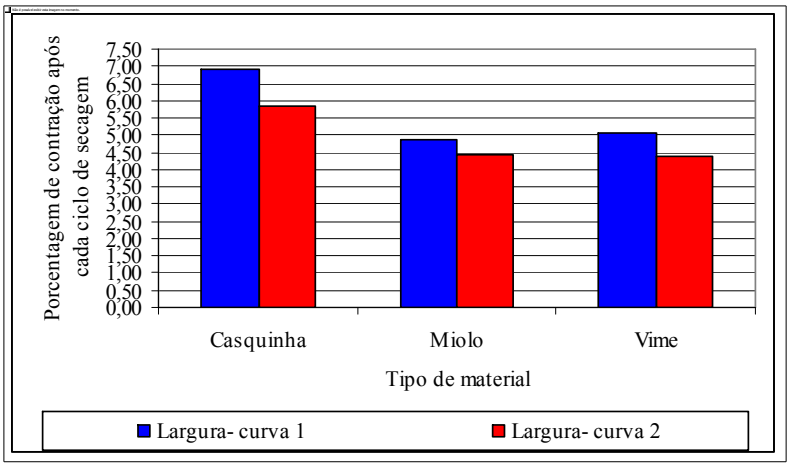
Figura 1 - Variação de contração em comprimento do *Salix x rubens* em relação a dois ciclos de saturação seguida de secagem



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Através da Figura 1 pode-se observar que a contração da casquinha em comprimento é maior, para ambos os ciclos de saturação/secagem, em relação ao miolo e vime. O vime (ramo) é o material que é mais estável em relação a ciclos de secagem e umedecimento, em função da sua menor área superficial exposta ao meio. A casquinha será o material com maiores perdas em comprimento e mais instável em ciclos de umedecimento e secagem.

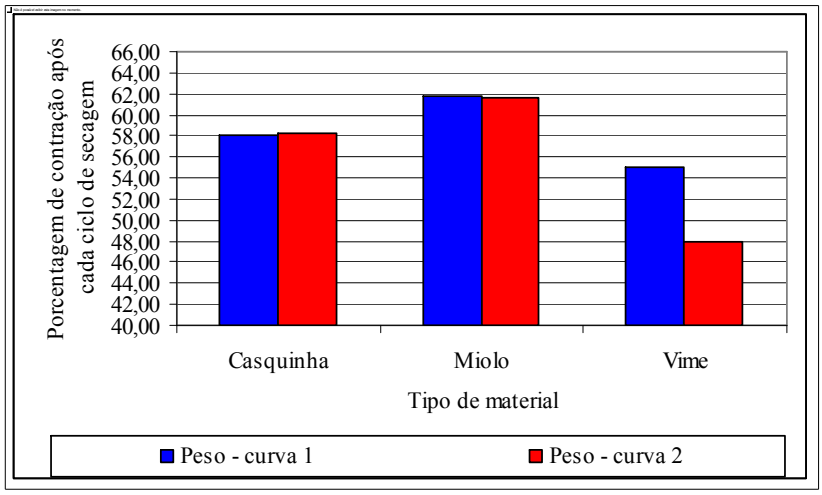
Figura 2- Variação de contração em largura do *Salix x rubens* em relação a dois ciclos de saturação seguida de secagem



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Na Figura 2 pode-se constatar que a casquinha é também o material com maior contração em largura, quando submetido a secagem, como também apresentou maior variação de contração entre o primeiro e o segundo ciclo de umedecimento/secagem.

Figura 3 - Variação de peso do *Salix x rubens* em relação a dois ciclos de saturação seguida de secagem



Fonte: Elaborado pelos autores,2019

A Figura 3 demonstra a capacidade do material em perder peso após umedecimento seguido de secagem. Neste caso, o material com maior capacidade de perder peso é o miolo, devido a sua maior área superficial exposta a absorção e perda de água, mostrando inclusive pouca variação entre os dois ciclos de umidificação/secagem. O vime apresentou a maior diferença entre os dois ciclos aplicados, provavelmente porque neste material houve maior facilidade de rearranjo da estrutura molecular da madeira.

Outra propriedade analisada foi a massa especifica, que é a relação entre o peso e o volume de um material expresso em g/cm³ ou kg/m³. Esta propriedade física é importante para

comercialização, quando realizada por peso ou volume e para prever a relação peso/resistência do material, quando em usos estruturais.

Os resultados obtidos para o material avaliado serão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Massa específica aparente, a 12% de umidade, das diferentes partes do vime de *Salix x rubens*

Material analisado	***Massa específica (kg/m³)***
Casquinha	460
Miolo 1	410
Miolo 2	300
Miolo 3	490
Vime	400

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Os resultados obtidos para a massa específica confirmam o comportamento quanto à curva de histerese, pois a casquinha que tem maior massa específica contraiu mais em comprimento e largura, enquanto o miolo, que em geral tem menor massa específica perdeu mais peso. Esperava-se que a densidade tivesse um comportamento linear, decrescendo da casquinha até o miolo 3. Pois próximo da medula existe maior proporção de células não lignificadas. Porém, o comportamento esperado se efetivou até o miolo 2, apresentando após este uma elevação do valor de massa específica.

Conclusões

De acordo com as análises realizadas, sobre as propriedades físicas, o teor de umidade do vime sob armazenamento é baixo, impossibilitando o ataque de agentes de degradação como fungos e alguns tipos de insetos de material verde. Os testes de histerese indicam que a casquinha é o material mais sensível a variações em contração em ciclos de umedecimento e secagem, que podem levar o material a se tornar menos flexível. A massa específica do vime é considerada média, equivalendo a do *Pinus* na mesma condição de teor de umidade.

Referências

EPAGRI (2006) Sistema para a produção de vime. Florianópolis, 40p.

MOURA, V. P. S. (2002) Introdução de novas espécies de Salix (Salicaceae) no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil. Embrapa. Comunicado Técnico 71. Brasília, DF.

VARGAS, Carlos Alberto (2011). Adaptação da norma NBR 7190 para avaliação de espécies de Salix (Vime) visando a utilização em artesanato. Dissertação para o título de mestre em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Determinação do Potencial Energético Teórico produzido a partir de Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos para Geração de Energia Elétrica

Lucas M. G. Souza[1], Danilo H. da Silva[1], Brenno V. M. Lima[1], Bruna S. Moraes[2]

[1] Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, SP, Brasil

lucas.galotti.souza@gmail.com

[2] Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, Campinas, SP, Brasil

Resumo

A produção de biogás a partir de resíduos é uma alternativa sustentável para obter energia e reduzir impactos ambientais. O biogás pode ser produzido a partir de diversos tipos de resíduos, sejam eles de origem industrial, agrícola ou doméstica. A conversão dos resíduos no combustível gasoso ocorre por digestão anaeróbia (DA), processo no qual ocorre a quebra de macromoléculas em moléculas menores intermediárias, as quais serão convertidas em gases que compõem o biogás, como metano, gás carbônico e hidrogênio. Resíduos sólidos urbanos (RSU) de origem doméstica são uma opção de matéria-prima para obtenção de biogás, especialmente em grandes centros urbanos, pois a sua geração é constante e em grande quantidade, e sua coleta pode ser feita de forma centralizada. No presente artigo, foi analisada a produção de biogás a partir de RSU, assim como a energia elétrica que tal quantidade de biogás pode gerar. O objetivo do trabalho é determinar o potencial teórico de energia elétrica que pode ser gerada a partir de biogás produzido com o uso de RSU. Para a análise de produção de biogás a partir de RSU, delimitamos a cidade de Campinas e contabilizamos a quantidade de resíduos orgânicos ali produzidos por dia. A partir desses valores, utilizamos valores teóricos de o quanto cada tonelada de resíduos orgânicos tem de potencial para produzir biogás e qual a composição do gás em termos de percentual de metano. Com os dados de produção de metano, utilizamos valores teóricos de conversão da energia química liberada pela queima do metano em energia elétrica, considerando fatores como energia parasitária do processo e eficiência energética das máquinas em uma unidade geradora de energia elétrica. Com os valores obtidos, estimando o consumo médio de energia elétrica per capita na região estudada, determinamos qual é potencialmente o tamanho de demanda que pode ser suprido. Foi observado que a energia elétrica que pode ser produzida a partir de RSU tem potencial para suprir a demanda energética de uma cidade menor da região, como Paulínia (100 mil habitantes).

Palavras-chave: biogás, resíduos sólidos urbanos, eficiência energética

Introdução

O biogás pode ser produzido a partir de diferentes tipos de resíduos orgânicos, e dentre eles, os efluentes industriais e os resíduos sólidos urbanos são as matérias primas mais comumente utilizadas e com tecnologias mais desenvolvidas. Para a produção do biogás, os

resíduos orgânicos são submetidos a digestão anaeróbia (DA), processo no qual macromoléculas são quebradas em moléculas menores, convertidas em moléculas intermediárias e então utilizadas para a produção de metano, o componente energeticamente mais importante do produto (KHANAL, 2010; SEADI, 2018).

No Brasil, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são em sua maioria direcionados para lixões e aterros. Embora os lixões não sejam a melhor solução a nível ecológico, eles ainda predominam no cenário brasileiro. Os aterros sanitários, por sua vez, são uma realidade crescente no Brasil, ao passo que maiores investimentos são feitos para a construção de novas e melhores unidades (MOTA, 2012; ALBARRACIN, 2016).

Em Paulínia, o aterro sanitário da empresa Estre recebe os resíduos sólidos gerados por 29 municípios da região de Campinas. O material recebido é aterrado de forma controlada e isolada, para que não haja contaminação de solo e lençol freático. Ao passo que o material armazenado sofre digestão, o biogás é produzido e captado por tubulações, e queimado para a geração de gás carbônico, menos poluente que o metano, dessa forma gerando créditos de carbono (DE CAMPOS, 2007; DRUMOND JÚNIOR, 2015). A Estre tem o projeto de adquirir instalações até 2020 para aproveitar a energia do metano convertendo-a em energia elétrica através de sua queima.

No estado de São Paulo há também o Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) Caieiras, que recebe resíduos sólidos da região metropolitana de São Paulo. O biogás produzido no CTR é em grande parte direcionado para a Termoverde Caieiras, empresa que utiliza biogás de aterros para queimar e produzir energia elétrica. O CTR recebe diariamente cerca de 8000 toneladas de resíduos, ao passo que a termelétrica tem potência instalada de 29547 kW, gerando cerca de 20 GWh de energia por mês, quantidade demandada por uma cidade de cerca de 200 mil habitantes (MIGRATION GESTÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA, 2016).

Para o presente estudo, o objetivo do trabalho é determinar o potencial teórico de energia elétrica que pode ser gerada a partir do biogás produzido com o uso de RSU gerado diariamente na cidade de Campinas.

Metodologia

No presente artigo, foram explorados dados teóricos e da literatura para determinar o potencial de produção de biogás a partir de RSU de uma área limitada e o potencial de geração de energia elétrica a partir desse combustível.

Para a análise de produção de biogás a partir de resíduos sólidos urbanos, inicialmente foi feita a limitação da área estudada (no caso a cidade de Campinas) e a contabilização da quantidade de resíduos orgânicos ali produzidos por dia, baseada no tamanho da população local e a média de produção de lixo por dia. A partir desses valores, utilizamos valores teóricos de o quanto cada tonelada de resíduos orgânicos tem de potencial para produzir biogás e qual a composição do gás em termos de percentual de metano.

Dessa forma, para a determinação da quantidade de biogás ($BG_{diário}$, m^3/dia) e de metano ($CH_{4\ diário}$, m^3/dia) obtida a partir da matéria orgânica biodegradável presente nos RSU na

cidade de Campinas, utilizamos os seguintes parâmetros técnicos: Resíduos gerados na cidade de Campinas diariamente ($RSU_{diário}$, ton/dia), fração orgânica nos resíduos gerados em Campinas (FO, ton/ton), Biogás produzido a partir da matéria orgânica (BG, m^3/ton), Fração de metano no biogás produzido (FM, m^3/m^3), aplicando a seguinte equação:

$$BG_{diário} = RSU_{diário} \times FO \times BG \qquad \text{(equação 1)}$$

$$CH_{4\ diário} = BG_{diário} \times FM \qquad \text{(equação 2)}$$

Obtidos os dados de produção de metano, utilizamos valores teóricos de conversão da energia química liberada pela queima do metano em energia elétrica, considerando possíveis perdas energéticas em uma unidade geradora de energia elétrica. Com os valores obtidos, estimando o consumo médio de energia elétrica per capita na região estudada, determinamos qual é potencialmente o tamanho de demanda que pode ser suprido.

Dessa forma, para a determinação da quantidade de energia elétrica obtida por volume de biogás (Eel_{bg}, kWh/m^3), utilizamos os seguintes parâmetros técnicos: Energia contida por massa de metano (Em_{CH4}, kJ/g), Densidade do metano (CNTP) (d_{CH4}, kg/m^3), Energia química contida por volume de metano (Ev_{CH4}, kJ/m^3), Fração de metano no biogás produzido (FM, m^3/m^3), Potencial máximo de energia elétrica a partir do metano (Eel_{CH4}, kWh/m^3), Energia parasitária da planta (EP, %) e Eficiência energética da planta (EE, %), sendo FC o fator de conversão entre kWh e KJ (FC = 1 kWh/3600 kJ). Aplicamos as seguintes equações:

$$Ev_{CH4} = Em_{CH4} \times d_{CH4} \qquad \text{(equação 3)}$$

$$Eel_{CH4} = Ev_{CH4} \times (1\text{-}EP) \times EE \times FC \qquad \text{(equação 4)}$$

$$Eel_{bg} = Eel_{CH4} \times FM \qquad \text{(equação 5)}$$

Para a determinação da quantidade de energia elétrica potencial obtida pelo volume de biogás produzido a partir de RSU diariamente ($Eel_{diária}$, kWh/dia), utilizamos os seguintes parâmetros técnicos: energia elétrica obtida por volume de biogás (Eel_{bg}, kWh/m^3) e volume de biogás obtido a partir da matéria orgânica biodegradável presente nos RSU na cidade de Campinas ($CH_{4\ diário}$, m^3/dia), aplicando a seguinte equação:

$$Eel_{diária} = Eel_{bg} \times BG_{diário} \qquad \text{(equação 6)}$$

Também podemos calcular a quantidade de energia elétrica potencial obtida pelo volume de biogás produzido a partir de RSU mensalmente (Eel_{mensal}, kWh/mês), e a energia elétrica gerada por massa de RSU (kWh/ton):

$$Eel_{mensal} = 30 \times Eel_{diária} \qquad \text{(equação 7)}$$

$$Eel_{RSU} = \frac{Eeldiária}{RSUdiário} \qquad \text{(equação 8)}$$

Para determinar a demanda de energia (DE) que tal quantidade de energia elétrica pode suprir, utilizamos os seguintes parâmetros: Consumo de energia elétrica per capita médio no Estado de São Paulo (C, kWh/habitante) e quantidade de energia elétrica potencial obtida pelo volume de biogás produzido a partir de RSU ($Eel_{diária}$, kWh/dia), aplicando a seguinte fórmula:

$$DE = \frac{Eelmensal}{C} \qquad \text{(equação 9)}$$

Resultados

Resíduos sólidos urbanos de Campinas

Inicialmente determinamos a geração média de resíduos orgânicos biodegradáveis gerados por dia na cidade de Campinas. A cidade possui 1,08 milhões de habitantes, com geração diária total de resíduos sólidos domésticos estimada em 1,007 mil toneladas (0,93kg/habitante/dia). Estima-se que a fração orgânica da matéria representa 51,4% da massa total (MOTA, 2012). Logo, há uma geração média de 517,6 mil kg de resíduos orgânicos biodegradáveis por dia na cidade de Campinas.

Uma massa de 1 tonelada de resíduos orgânicos tem o potencial para produzir 380-460 Nm^3 (normal m^3: 1 atp, 0˚C, 0% umidade relativa) de biogás, a uma proporção de 65% CH_4, 34% CO_2 e 1% de outros gases (CHIU, 2016; HAVUKAINEN, 2014). Portanto, o volume produzido de metano varia de 225 a 300 Nm^3 por tonelada de resíduos orgânicos digeridos, dependendo das características dos resíduos utilizados.

Considerando o valor de 400 m^3 de biogás produzido por tonelada de resíduos orgânicos, o total de 517,6 toneladas gerado na cidade de Campinas tem o potencial de produzir 207,0392 mil m^3 de biogás por dia (o equivalente a 134,5755 mil m^3 de metano). Os parâmetros utilizados para os cálculos descritos estão na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Biogás a partir de resíduos sólidos urbanos

Parâmetros	Representação	Cálculo/fonte	Valor	Unidade
Resíduos gerados em Campinas diariamente	$RSU_{diário}$	Mota et al, 2012	1.007	Toneladas/ dia
Fração orgânica nos resíduos gerados em Campinas	FO	Mota et al, 2012	0,514	Tonelada/ tonelada
Biogás produzido por massa de matéria orgânica	BG	Chiu, 2016; Havukainen, 2014	400	m^3/ tonelada
Fração de metano no biogás produzido	FM	Chiu, 2016; Havukainen, 2014	0,65	m^3/ m^3

Aplicando os valores da tabela 1 às equações 1 e 2, temos:

$BG_{diário}$ = 1007 x 0,514 x 400 = **207.039,2 m^3/dia** (equação 1)

$CH_{4\ diário}$ = 207.039,2 x 0,65 = **134.575,5 mil m^3/dia** (equação 2)

Combustão do metano

A combustão de 1 kg de metano puro libera 50,1 kJ de energia. Para obter a quantidade de energia elétrica obtida a partir da queima de 1 m^3 de biogás obtido no processo de biodigestão, fazemos os seguintes cálculos a seguir, de acordo com a metodologia (equações 3, 4 e 5), utilizamos os valores dos parâmetros apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Energia do biogás

Parâmetros	Representação	Cálculo/fonte	Valor	Unidade
Energia contida por massa de metano	Em_{CH4}	dado teórico	50,10	kJ/g
Densidade do metano (CNTP)	d_{CH4}	dado teórico	656	g/m^3
Energia parasitária da planta	EP	Havukainen et al, 2014	2,66	%
Eficiência energética	EE	Havukainen et al, 2014	31,3	%
Fator de conversão	FC	dado teórico	1/3600	kWh/kJ

$Ev_{CH4} = 50,10 \times 656 = 32.865,0$ kJ/ m^3 (equação 3)

Conforme Havukainen et al, a energia parasitária (necessária para o funcionamento da planta) pode variar entre 2-40% do conteúdo energético do biogás produzido, dependendo das fronteiras determinadas no sistema, das tecnologias empregadas e do porte da planta. No entanto, conforme análise de 27 plantas de biogás na Áustria, a média de energia parasitária foi de 2,66% da energia do biogás.

Quanto à eficiência do processo, Havukainen et al observou que 31,3% da energia do biogás foi convertida em energia elétrica. Logo, considerando a energia parasitária e a eficiência de conversão energética, temos que a energia elétrica obtida por m^3 de metano e de biogás é:

$Eel_{CH4} = 32.865 \times (1-0,0266) \times 0,313 \times (1/3600) =$ **2,781 kWh/m^3 CH_4** (equação 4)

$Eel_{bg} = 2,781 \times 0,65 =$ **1,808 kWh/m^3 biogás** (equação 5)

Eletricidade gerada

Utilizando os resultados das equações 1 e 5, podemos calcular o valor potencial de energia elétrica obtido a partir do biogás produzido diária e mensalmente em Campinas, assim como a quantidade de energia elétrica potencial gerada por tonelada de RSU, como mostram as equações 6, 7 e 8 a seguir:

$Eel_{diária} = 1,808 \times 207.039,2 = 374.326,87$ kWh = **374,327 MWh/dia** (equação 6)

$Eel_{mensal} = 30 \times 374,327 =$ **11229 MWh/mês** (equação 7)

$Eel_{RSU} = 374,327/1007 =$ **371.725 kWh/ton RSU** (equação 8)

Assumindo um consumo médio *per capita* (C) de 100 kWh/mês no Estado de SP, podemos, através da equação 8, determinar a potencial demanda a ser atendida:

No processo de digestão anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos, há a geração de 207,0392 mil m^3 de biogás por dia. Portanto, tal processo é capaz de gerar (1,8080 kWh/m^3 x 207,0392 mil m^3) = 374,3180 MWh de energia por dia, ou 11,229 GWh por mês.

$$DE = \frac{11229000}{100} = \textbf{112.290 habitantes} \qquad \text{(equação 9)}$$

Considerações finais

Foi concluído que o tipo e a quantidade de resíduos orgânicos são determinantes para definir o tamanho da demanda que a energia provinda do biogás pode atender para consumo elétrico residencial. O valor calculado da energia elétrica teórica máxima obtida a partir de resíduos orgânicos da cidade de Campinas foi de 12,96 GWh por mês. Considerando que os resíduos sólidos de uma grande área são coletados e enviados para tratamento centralizado, seu uso para fins de abastecimento energético residencial é tecnicamente viável. Há um potencial de produção de cerca de 370 kWh de energia por tonelada de resíduos sólidos urbanos utilizados. Tal valor é próximo do que foi encontrado na literatura, onde há descrita a obtenção de 405 kWh por tonelada de massa seca de resíduo utilizado. Considerando um consumo per capita médio de 100 kWh por mês, a energia produzida pode abastecer uma cidade com até 112.295 habitantes, como por exemplo a cidade de Paulínia.

Referências

Albarracin, A. L. T. (2016) Biogás oriundo de resíduos como vetor energético no Brasil. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos da Universidade Estadual de Campinas.

Angelonidi, E. (2015) A comparison of wet and dry anaerobic digestion processes for the treatment of municipal solid waste and food waste. Water and Environment Journal. V.29, pp. 549–557.

Chiu, S. L. H. (2016) et al. Reviewing the anaerobic digestion and co-digestion process of food waste from the perspectives on biogas production performance and environmental impacts. Environ Sci Pollut Res. V.23, pp. 24435–24450.

de Campos, T. S. (2007) Estudo de caso do Aterro ESTRE (CGR- Paulínia): Modelo de Gestão e Análise da Implantação da ISO 14001. International Conference on Engineering and Computer Education.

Drumond Júnior, P. (2015) Análise técnica e econômica da recuperação energética de resíduos sólidos urbanos: Estudo de caso para o Município de Campinas. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos da Universidade Estadual de Campinas.

Havukainen J. (2014) Evaluation of methods for estimating energy performance of biogas production. Renewable Energy. V.66, pp.232-240.

Khanal, S. K. (2010) Bioenergy and biofuels from biowaste and biomass. Seção Anaerobic Biotechnology, capítulos 2, 4 e 5. American Society of Civil Engineers.

Migration Gestão e Comercialização de Energia, Solví Valorização Energética. (2016) Apresentação do projeto Termoverde Caieiras S.A.

Mota, J. A. (2012) Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos. Relatório de pesquisa, IPEA.

Seadi, T. A. (2012). More about Anaerobic Digestion. Biogas Handbook. University of Southern Denmark Esbjerg, pp. 16-29.

DIMENSIONAMENTO DE UM TANQUE DE MISTURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA TRANSESTERIFICAÇÃO ALCALINA HOMOGÊNEA

Rhuan Carlos Martins Ribeiro[1], Matheus dos Santos Viana[2,2], Caio Castro Rodrigues[3,2], Glauber Tadaiesky Marques[4,3], Otavio Andre Chase[5,3]

[1]*Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil, e-mail: rhuanribeiro97@gmail.com*

[2]*Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

[3]*Professor Dr. adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

Resumo

A finalidade da construção de reatores e equipamentos que atendam satisfatoriamente aos princípios básicos de operações unitárias na engenharia sustenta-se como o objetivo principal deste trabalho. Nele será feita uma abordagem sobre o dimensionamento de um tanque de agitação para produção de biodiesel de baixa escala. Partindo-se da premissa que o capital inicial de investimento seja elevado devido o alto custo e manutenção dos equipamentos disponíveis no mercado. Logo, faz-se importante apresentar da maneira mais compreensível um projeto como este, que poderá garantir autonomia a outros aplicarem tais conhecimentos de forma semelhante. O dimensionamento foi totalmente baseado nos princípios de dinâmica dos fluidos para o equacionamento de parâmetros como: regime de escoamento, número de potência, grau de agitação, bem como de uma estimativa do custo de operação desse sistema considerando as horas/dia de trabalho, o consumo e as especificações elétricas dos componentes.

Palavras-chave. Transesterificação. Mecânica dos fluidos. Agitação. Dimensionamento.

Introdução

A dependência da sociedade atual por essas fontes de energias consideradas finitas e sua escassez cada vez mais acentuada, leva a necessidade da busca por novas rotas alternativas de energia, as quais atendam a critérios como a competitividade econômica, imediata disponibilidade e favorecimento ambiental (RAMOS, KOTHE, et al., 2017; LORA e VENTURINI, 2012).

Nesse contexto surge o Biodiesel, biocombustível líquido derivado, principalmente, de biomassa renovável que apresenta algumas diferenças importantes em relação aos combustíveis derivados do petróleo. Do ponto de vista ambiental, o biodiesel apresenta importantes vantagens como a característica renovável, a diminuição da emissão de materiais particulados como dióxido de carbono (CO_2) e dióxido de enxofre (SO_2), a alta biodegradabilidade e o baixo índice de toxidez (LORA e VENTURINI, 2012).

A reação de transesterificação, o processo mais utilizado na produção de biodiesel, geralmente necessita de um sistema para aquecimento e agitação no interior de um reator ou tanque. Tal equipamento que possibilitará a realização desse processo precisa ser projetado e devidamente dimensionado no intuito de atender as necessidades da reação em estudo, considerando as dimensões geométricas e as propriedades dos compostos pertencentes a reação (SILVEIRA, 2011). Uma vez que, o desempenho de um sistema em larga escala pode ser previsto a partir de ensaios efetuados num sistema semelhante, porém de menor porte (FOUST, 1982).

Em vista disso, buscou-se propor no presente trabalho o dimensionamento de um tanque de agitação considerando, especificamente, os componentes reacionais da produção de biodiesel via transesterificação básica homogênea, tendo em vista a importância no contexto do desenvolvimento de tecnologias voltadas ao aprimoramento de sistemas operacionais, além de definição e aperfeiçoamento de padrões de funcionalidade.

Material e Métodos

Nesta ocasião hipotética, os cálculos dimensionais do reator foram feitos a partir das propriedades dos componentes mais utilizados na larga escala de produção de biodiesel sendo, óleo de soja como matéria-prima, etanol, e catalisador hidróxido de sódio (NaOH). Para propor as frações mássicas foi considerado a razão molar da mistura em 6:1 (álcool:óleo) também o tipo de álcool. Neste caso, optou-se pelo etanol, por apresentar maior valor de MM que o metanol.

Assim, admitindo-se como válida a regra da aditividade de volumes, que estabelece o volume final de uma solução pela soma exata dos volume dos líquidos puros, a determinação da densidade da mistura ($\rho_{mistura}$), na ausência de dados experimentais, deu-se a partir do valor das frações mássicas (W_i) dos componentes e da densidade dos compostos puros (ρ_i) (Equação 1) (SILVEIRA, 2011).

Já para a viscosidade, não é trivial propor uma regra de mistura que apresente a mesma eficiência e a mesma simplicidade da proposta anterior. O modelo utilizado para a estimativa da viscosidade considera apenas a composição da mistura e a viscosidade dos componentes puros. Dessa forma, foi adotada a regra da aditividade molar para a viscosidade (Equação 2).

$$\rho_{Mistura} = \sum_{i=1}^{n} Wi\ \rho i \qquad (1)$$

$$\mu_{mistura} = \sum_{i=1}^{n} c_i\ \mu_i \qquad (2)$$

O termo μ representa a viscosidade dinâmica (mPa.s) e c_i representa a concentração do componente i na mistura contendo n compostos, essa última expressa em fração molar x_i.

Partindo, principalmente, dos valores obtidos nas Equações (1) e (2), pode-se realizar os cálculos que determinarão a molaridade, o volume, e a quantidade de catalisador, bem como o tipo de regime de escoamento do fluido dado pelo número de Reynolds, a potência necessária para a mistura, o grau de agitação e o cálculo de consumo e gasto energético do projeto proposto, por meio das Equações 3 a 10, respectivamente, abaixo.

$$M = \frac{m}{MM} \quad (3)$$

$$v = \frac{m}{d} \quad (4)$$

$$m_{catalisador} = M_{óleo} \cdot \%_{catalisador} \cdot MM_{catalisador} \quad (5)$$

$$Re = \frac{\rho N D^2}{\mu} \quad (6)$$

$$\dot{W}_{\mu} = N_{po} \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D^5 \quad (7)$$

$$\frac{\dot{W}_{útil}}{v} = \frac{W}{m^3} \quad (8)$$

$$Consumo: h \cdot \dot{W}_{\mu} = W \quad (9)$$

$$Gasto: W \cdot \frac{R\$/kWh}{1000} = R\$ \quad (10)$$

Sendo, *m*, *MM* e *d* a massa, a massa molar e a densidade de cada componente; Re o número de Reynolds; N_{po} o valor de potência; ρ a densidade da mistura; μ a viscosidade dinâmica da mistura; $\dot{W}_{\mu}$ a potência necessária para a mistura; N a velocidade de agitação em rps; e D o diâmetro do tanque projetado.

Resultados e discussão

Após determinarmos os termos das razões percentuais mássicas necessárias a Equação (1) e os termos de razão molar para a Equação (2), pode-se encontrar os valores de $\rho_{mistura}$ e $\mu_{mistura}$. O cálculo usando as referidas Equações é expresso da seguinte maneira:

$$\rho_{mistura} = 0{,}24 \,.\, 789 + 0{,}76 \,.\, 930$$

$$\rho_{mistura} = 896{,}16 \, \frac{kg}{m^3}$$

Os valores (0.24) e (0.76) ambos se referem as frações mássicas percentuais dos compostos na mistura. Para a viscosidade dinâmica da mistura segue:

$$\mu_{mistura} = x_{óleo} \cdot \mu_{óleo} + x_{etanol} \cdot \mu_{etanol}$$

$$\mu_{mistura} = 0{,}1430 \,.59 + 0{,}8569 \,.1{,}2$$

$$\mu_{mistura} = 9{,}465 \, mPa \, s$$

Sendo que $x_{óleo}$ (0,1430) e x_{etanol} (0,8569) são os valores calculados para as frações molares desses compostos na mistura. Deve-se também estimar inicialmente a massa de óleo em proporcionalidade ao volume estabelecido por batelada. Para isso, o valor da massa de óleo foi fixado em 1300g e por meio da Equação (3) e do rearranjo da mesma, bem como da Equação (4), foram obtidos os valores de M_{Etanol} (8,899 mols), m_{etanol} (409,98 g) e v_{Etanol} (519,6 ml). Diante disso, calcula-se a massa de catalisador através da M do óleo, da MM do NaOH e da porcentagem de catalisador, determinou-se para isso 0,1% de NaOH, onde partindo da Equação (5), encontram-se a quantidade de catalisador em (0,00595 kg) de NaOH.

Os valores de todos os compostos são apresentados na Tabela 1. Como visto na mesma, a capacidade máxima desse piloto (1.921 ml) através da transesterificação etanoica do óleo de soja refinado com RM etanol:óleo 6:1, apresentou-se dentro do limite desejado (2.000 ml).

Tabela 1. Especificações dos componentes químicos

Propriedades	Óleo de soja	Etanol	NaOH	Mistura com Etanol	Biodiesel (ANP)
MM (g/mol)	874,8	46,07	-	-	-
Viscosidade à 20°C (mPa.s)	59,0	1,20	-	9,465	3,0 a 6,0
Densidade à 20C° (kg/m³)	930	789	-	896,16	850 a 900
Massa (Kg)	1,3	0,410	0,00595	-	-
Volume (L)	1,4	0,521	-	-	-
Volume máximo ocupado 1,921 litros					

Após essas definições, sugeriu-se um tanque cilíndrico seguindo as recomendações de configuração de McCABE (2005). Como critério de segurança, a altura real do tanque é definida como um coeficiente que multiplicará a altura do fluido dentro do tanque.

O coeficiente adotado nesse trabalho foi de 1,48 (32% a mais que o nível do fluido). Portanto, a altura do tanque deve ser aproximadamente 0,193m. Ainda de acordo com os critérios de McCABE (2005), é possível calcular os demais parâmetros de dimensionamento do recipiente através da altura, tais parâmetros são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros referentes a geometria do tanque

Geometria	Medidas
Altura da lâmina de água (H)	0,131 m
Diâmetro do tanque (Dt)	0,131 m
Diâmetro do impelidor (Da)	0,0436 m
Altura do impelidor com relação à base (E)	0,0436 m
Número de chicanas	4
Largura das chicanas (J)	0,0109 m
Altura do tanque	0,193 m

Para proporcionar a idealidade da operação do projeto, geralmente é fixado um parâmetro desejado e ajusta-se os demais. Tal parâmetro definido como base nesse trabalho, foi a rotação, estabelecendo um valor ideal de 120 rpm ou 2 rps. Baseando-se nesses critérios e por meio da Equação (6), denominada equação de Reynolds, é possível determinar o regime de escoamento em que a mistura irá se encontrar dentro do tanque (FOUST, 1982), como visto abaixo:

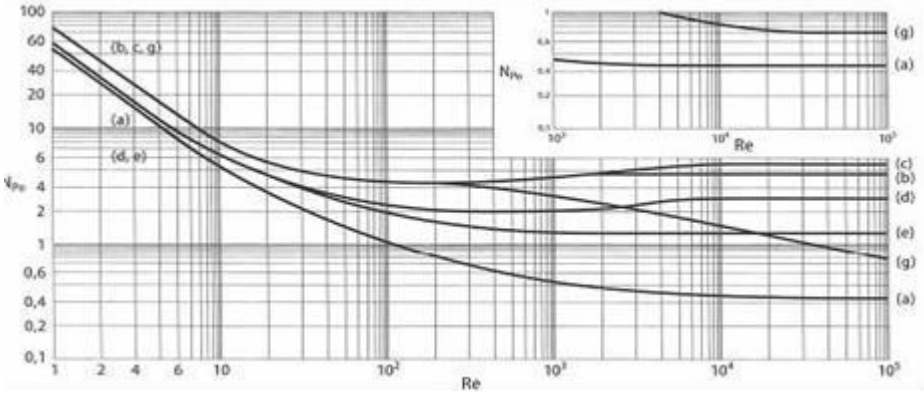
$$Re = \frac{896{,}16\,\frac{kg}{m^3} * \left(120\,\frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s}\right) * (0{,}131^2)}{0{,}009465\,\frac{kg}{m.s}}$$

$$Re = 3249 \; ou \; 3{,}2 \times 10^3$$

O valor de Reynolds desse modelo o caracteriza na faixa de um regime de transição com predominância a turbulento (SOUZA, 2011). Por esta razão pode-se estimar o número de potência através da Figura 1, a qual apresenta sua relação com o valor de Reynolds.

Figura 1. Relação entre o número de potência e o número de Reynolds. Número de potência dos tipos de impelidores forma de turbina em função do número de Reynolds para fluidos

newtonianos. (a) hélice naval; (b) pás retas; (c) pás retas e disco (turbina de Rushton); (d) pás curvadas; (e) pás inclinadas com passo de 45°; (f) shoured; (g) pás retas sem chicanas.



Fonte: ORTEGA, 2011.

Sabendo-se que o impelidor proposto é do tipo (a) hélice naval e o valor de Reynolds equivalente a $3{,}2 \times 10^3$, o valor do número de potência (N_{po}) é de aproximadamente 0,51. Feito isso, podemos obter a potência necessária para a mistura, partindo-se da Equação (7).

$$\dot{W}_{\mu} = 0{,}51 \times 896{,}16 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{120}{60s}\right)^3 \times (0{,}131)^5$$

$$\dot{W}_{\mu} = 0{,}1410 \ \frac{kg.m^2}{s^3}$$

Essa potência é suficientemente capaz de realizar o movimento da hélice sob as condições estabelecidas. Para melhoramento dessa estimação de potência, assume-se que o motor possui uma eficiência de 30% na conversão de energia elétrica em mecânica. Dessa forma a energia necessária é de $0{,}47 \ \frac{kg.m^2}{s^3}$.

Propõe-se também, o cálculo da potência útil por unidade de volume, denominado de grau de agitação, tal valor é resultado da divisão da potência pelo volume do líquido presente no reator (Equação 8). Como visto abaixo, o grau de homogeneidade mostra que o tipo de agitação que ocorrerá no interior do reator é considerado de grau suave (GAUTO e ROSA, 2011).

$$\frac{\dot{W}_{útil}}{v} = \frac{0{,}1410 \ W}{0{,}001921 \ m^3}$$

$$\frac{\dot{W}_{útil}}{v} = 73{,}40 \ \frac{W}{m^3}$$

É importante ressaltar o consumo energético gasto com o agitador a partir da potência de agitação calculada. Assume-se para isso que o sistema será operado em 14 horas por dia durante 6 dias da semana. Considera-se também o gasto em R$/kWh segundo a tarifa de energia publicada pela ANEEL para a região norte do Brasil, valor este fixado em 0,59 R$/kWh. A Tabela 3 mostra os consumos e gastos calculados a partir das Equações (9) e (10).

Tabela 3. Valores de consumos e gastos diários, semanais e mensais do projeto

Consumo diário (W)	Gasto diário (R$)	Consumo semanal (W)	Gasto semanal (R$)	Consumo mensal (W)	Gasto mensal (R$)

6,58	0,004	39,48	0,023	157,92	0,09

Observa-se que o consumo (W) desse sistema para agitação é baixo, consequentemente, o custo de operação é moderado. Porém, isso decorre em vista da capacidade de produção que o sistema foi projetado, logo, em uma maior escala tais valores podem se mostrar significativos.

Nesse sentido, nota-se que uma análise referente a viabilidade econômica do sistema faz-se necessária em vista dos diversos tipos de materiais que podem ser utilizados na sua construção e da fonte externa de alimentação elétrica. Porém, com base nos resultados preliminares do funcionamento desse sistema, desconsiderando o capital de investimento inicial de compra dos materiais, o produtor, diante da possibilidade de venda ou consumo do produto economizaria ou lucraria cerda de R$ 9,72 reais ao dia, considerando o tempo diário de operação do sistema (14 horas), a quantidade de bateladas (1 a cada 3,5 horas) e o reajuste do preço de compra do biodiesel por litro estabelecido pela ANP para o leilão ocorrido em agosto de 2018 de R$ 2,43. Porém, em detrimento disto, os gastos com matéria prima (óleo, álcool e catalisador) e processo de lavagem do combustível devem ser estudados de uma forma detalhada permitindo que se alcance resultados mais otimizados acerca de estimativas financeiras de investimento.

Conclusões

Foi possível dimensionar um tanque de agitação voltado para a produção de biodiesel de modo simples e bastante aplicável, possibilitando o uso desse tipo de dimensionamento como ferramenta útil para especificações de equipamentos numa nova aplicação e para previsão de seu desempenho, tal prática baseada na conhecida teoria da semelhança. Nesse contexto, sugere-se para futuros trabalhos uma análise mais detalhada do aumento dessa escala com base nos princípios de dinâmica dos fluidos, aumento este que possa levar um fator de escala para as variáveis importantes, favorecendo assim, a ampliação empírica desse projeto até as instalações em escala industrial.

Referências Bibliográficas

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Governo do Brasil, 2018. Disponivel em: <http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>. Acesso em: 10 setembro 2018

FOUST, A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª. ed. [S.l.]: Editora LCT, 1982.

GAUTO, M. A.; ROSA, G. R. Processos e Operações Unitárias da Indústria Química. 1ª. ed. [S.l.]: Ciência Moderna, 2011.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Interciência, v. I, 2012.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. Unit Operations of Chemical Engineering. 7th. ed. New York, NY: Mc Graw Hill, 2005.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. Revista Virtual de Química, v. 9, p. 317-369, 2017.

SILVEIRA, B. I. D. Produção de Biodiesel - Análise e Projeto de Reatores Químicos. 1ª. ed. [S.l.]: biblioteca24horas, 2011.

SOUZA, E. Consumo de Potência para Impelidores Rápidos Aplicados a Processos de Agitação e Mistura, Campinas: Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. 737 p. Tese de Doutorado., 2011.

EFEITO DA POSIÇÃO LONGITUDINAL E TIPO DE LENHO NO RENDIMENTO EM CARVÃO DE CLONES DE EUCALYPTUS PLANTADOS NA AMAZÔNIA

Fernando Wallase Carvalho Andrade[1,2], Saulo Ranon de Souza Coelho[1], Sávio Dill[1]

[1] *Universidade Federal do Oeste do Pará, fernando.andrade@ufopa.edu.b*

[2] *Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Botucatu*

Resumo

O plantio de florestas energéticas do gênero *Eucalyptus* vem crescendo na Amazônia. A madeira destes plantios é usada como fonte de matéria prima no setor siderúrgico regional. Entretanto, a qualidade desta madeira para fins energéticos ainda é desconhecida. O rendimento gravimétrico em carvão é um dos principais indicadores utilizados na classificação do potencial energético da madeira. A variação deste indicador ao longo do fuste e do tipo de lenho pode ser utilizada como referência na seleção de partes especificas da madeira visando a produção de carvão mais homogêneo e maior qualidade. Desta forma, o objetivo aqui foi avaliar se há efeito significativa da posição longitudinal e do tipo de lenho no rendimento em carvão para o clone avaliado. Foram utilizadas amostras de madeira em diferentes posições longitudinais dos lenhos juvenil e adulto de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 8 anos de idade oriundo de plantio comercial não conduzido em Monte Alegre, Pará, Brasil. Avaliou-se o rendimento gravimétrico em carvão (RGC) em seis posições (0, DAP, 25, 50, 75 e 100%) ao longo do fuste (base-topo) e duas radiais (lenho juvenil e adulto). A carbonização foi realizada em forno elétrico tipo mufla à taxa de 1.7ºC.min^{-1} e temperatura final de 450ºC por 30 minutos. Observou-se que o RGC (média 33%) da madeira de *Eucalyptus* diminui no sentido base–topo (10% de variação). Os valores de RGC apresentaram diferenças significativas entre os tipos de lenho somente nas posições 50% e 75%, sendo os maiores valores para o lenho juvenil. Avaliando-se a interação lenho x posição longitudinal observou-se que o carvão produzido com lenho juvenil tem RGC estável ao longo do fuste, enquanto o RGC do carvão de lenho adulto diminui. No geral, a parte inferior do fuste (até 50% da altura) sem distinção de lenho apresenta características que proporcionam um carvão de maior qualidade. Acima de 50% do fuste, o lenho juvenil (próximo a medula) tem maior rendimento gravimétrico em carvão.

Palavras-chave. Carvão vegetal. Rendimento gravimétrico em carvão. *Eucalyptus urophylla x E. grandis.*

ENERGIA DE BIOMASSA RESIDUAL: PROCESSAMENTO DE MADEIRA EM TORA EM SANTA CATARINA

Fernando Luiz da Cruz Balena[1*], Reginaldo Ferreira Santos[1], Doglas Bassegio[1], Bruna de Villa[1], Cristiano Fernando Lewandoski[1]

*[1]Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, UNIOESTE/Cascavel-PR, *E-mail do primeiro autor: fernandobalena@yahoo.com.br*

Resumo

Objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial energético teórico da biomassa residual gerada no processamento de madeira em tora no estado de Santa Catarina. Para determinar a produção de madeira em tora de pinus, eucalipto, outras espécies e posterior cálculo da geração de resíduos, foram utilizados dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao período de 2012 a 2016. O potencial energético teórico, para geração de energia elétrica, foi calculado admitindo-se um sistema convencional de turbinas a vapor com dois rendimentos: η=15% e η=30%. Os resultados permitem concluir, no contexto das mesorregiões de Santa Catarina, um forte potencial para conversão de energia a partir de biomassa residual da indústria madeireira, com estimativas que apontam para uma potência instalada de cerca de 155 MW/ano.

Palavras-chave. Indústria madeireira. Geração de resíduos. Potencial energético.

Introdução

Assim como na maioria das atividades produtivas, o setor florestal apresenta perdas no processo produtivo, desde o corte da árvore até seu processamento em indústrias primárias e secundárias grandes quantidades de sobras de menor valor comercial são produzidas, chamadas tradicionalmente de resíduos (SCHNEIDER et al., 2012). Estes resíduos, em muitos casos, são mal manejados ou dispostos em locais impróprios, gerando problemas ambientais.

Conforme Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), os resíduos florestais enquadram-se na classificação de resíduos agrossilvipastoril. A legislação fixa a necessidade de dar-se um destino ambientalmente adequado para os resíduos, fazendo com que os produtores e empresas geradoras busquem alternativas de utilização deste tipo de material (NONES et al., 2017), estimulando a reutilização do resíduo gerado, como no aproveitamento para produção de energia elétrica.

Muitas vezes, os resíduos agroindustriais gerados possuem valor energético, podendo ser utilizados para geração de vapor ou eletricidade, portanto, reduzindo a dependência por energia

comprada. O setor com possibilidade de aproveitamento de resíduos inclui a indústria da madeira e de papel e celulose (IEEUSP, [2018?]).

A utilização dos resíduos da biomassa produzida no Brasil, certamente necessita ainda de avaliações acuradas e precisas do seu potencial de recuperação economicamente viável, bem como, de análises completas de seus ciclos de vida como produtos energéticos (SCHNEIDER et al., 2012). Neste sentido, a quantificação da geração física de resíduos e de seu conteúdo energético, são os primeiros passos na avaliação de seu potencial de uso, particularmente para a geração de energia elétrica.

Para tanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a disponibilidade de biomassa residual do processamento de toras na indústria madeireira do estado de Santa Catarina e, a partir desta, estimar seu potencial energético teórico para a geração de energia elétrica.

Material e Métodos

Para determinar a produção de toras de pinus, eucalipto e outras espécies no estado de Santa Catarina e posterior cálculo da geração de resíduos, foram utilizados dados disponibilizados pelo IBGE, referente aos anos de 2012 a 2016 (IBGE, 2018).

A partir dos dados de produção de toras, quantificou-se a geração de resíduos de forma indireta, ou seja, empregando um valor denominado de coeficiente técnico, neste caso de 50%, conforme Coelho, Monteiro e Karniol (2012). Cabe ressaltar, que o peso de resíduos gerado para as toras processadas, foi estimado a partir de dados encontrados na literatura, que possibilitaram estimar o fator residual e, por sua vez, o montante de resíduo gerado.

Doravante, os resíduos foram discriminados em seis mesorregiões do estado de Santa Catarina: Oeste Catarinense, Norte Catarinense, Serrana, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul Catarinense.

Para a geração de eletricidade, os resíduos orgânicos adequados para incineração são aqueles que possuem elevado poder calorifico inferior (PCI), embora a classificação segundo o PCI não deva ser considerada definitiva para destinação do resíduo, considera-se que para PCI maior que 2.000 kcal/kg, a combustão direta é tecnicamente viável (DIAS et al., 2017). Portanto, para a biomassa residual estimada, considerou-se um PCI de 2.000 kcal/kg e a conversão de kcal/kg para kWh/kg dada pela divisão por 860, conforme Coelho, Paletta e Freitas (2000).

O cálculo do potencial teórico para geração de energia, levou em conta um sistema convencional de turbina a vapor (ciclos Rankine), com dois rendimentos: η=15% (ciclos a vapor de pequeno porte) e η=30% (ciclos a vapor de médio porte), conforme metodologia apresentada pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (COELHO; MONTEIRO; KARNIOL, 2012). Admitindo-se ainda, em ambos os cenários, a operação do sistema durante 95% das horas anuais (8.322 horas de operação/ano).

O potencial energético teórico para a geração de energia elétrica a partir da biomassa residual num sistema de turbina a vapor, foi determinado empregando a Equação 1 e 2, conforme Coelho et al. (2002):

$$EG(MWh/ano) = \frac{M*PCI*\eta}{860} \quad (1)$$

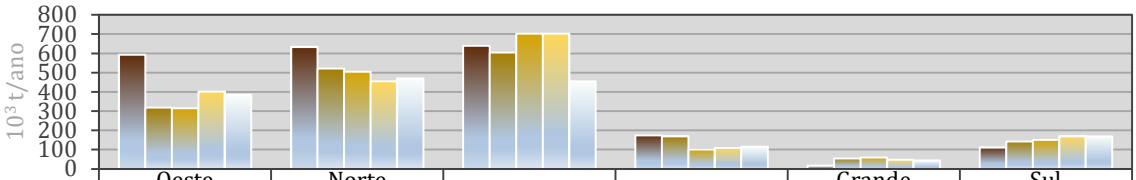
$$PI(MW) = \frac{EG}{Tempo} \quad (2)$$

em que EG = energia gerada em MWh/ano; PI = potência instalada em MW; M = massa seca de biomassa residual em toneladas; PCI = poder calorifico inferior em kcal/kg; 860 = fator de conversão de kcal/kg para kWh/kg; η = rendimento na conversão de energia em %; e Tempo = duração de operação do sistema em horas durante o ano.

Resultados e discussão

A geração de resíduo do processamento da madeira em tora de eucalipto, pinus e outras espécies, exceto aquelas destinadas a indústria de papel e celulose, em virtude das peculiaridades dos processos industriais empregados, foram calculados para o período de 2012 a 2016 e descriminadas por mesorregiões do estado de Santa Catarina, conforme Figura 1.

Figura 1. Geração de biomassa residual no processamento industrial de toras para o estado de Santa Catarina.



	Oeste Catarinense (SC)	Norte Catarinense (SC)	Serrana (SC)	Vale do Itajaí (SC)	Grande Florianópolis (SC)	Sul Catarinense (SC)
2012	593,20	634,01	639,50	174,42	17,48	112,39
2013	318,79	522,30	605,08	170,40	54,70	142,83
2014	315,74	505,24	702,67	101,93	59,42	151,51
2015	401,80	455,25	702,59	110,46	47,97	170,42
2016	385,08	470,30	455,04	116,48	44,33	168,84

Fonte: elaborado pelos Autores (2019).

Conforme Figura 1, somente no ano de 2016 contabilizou-se um montante de ~1,6 milhões de toneladas de resíduo madeireiro. Destaque para mesorregião Serrana, com geração de cerca de 455.037 toneladas para o período, seguida da região Norte com 470.302 toneladas e Oeste catarinense com 385.078 toneladas. Em 2016, estas três mesorregiões representaram cerca de 80% do resíduo gerado no processamento de toras em todo o Estado.

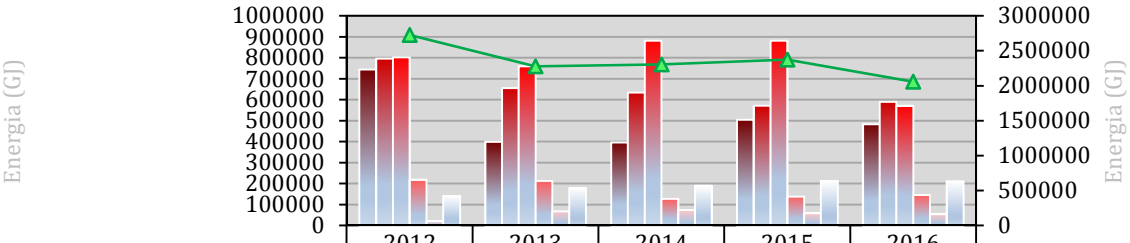
Resultado semelhante aquele divulgado Nones et al. (2017), ao estudar a geração de resíduos da silvicultura em Santa Catarina para o ano de 2012. Na ocasião, os pesquisadores constataram que 88% de todo resíduo gerado no processamento industrial da madeira concentrava-se nas três regiões citadas anteriormente.

O setor florestal catarinense conta com mercado devidamente estabelecido no que diz respeito à coleta, venda e utilização de produtos como serragem, maravalha e estilhas de madeira. Exemplo das empresas que compram tais resíduos, com o objetivo de revendê-los para industrias que utilizam biomassa residual como fonte de energia ou para empresas fabricantes de compactados como briquetes e pellets. A proximidade entre as mesorregiões de maior produção, pode facilitar a logística e gestão de transporte dos resíduos quando houver

necessidade, conforme raio econômico ou distância máxima de abrangência em relação à fábrica. Contudo, deve-se considerar que a viabilidade econômica é influenciada pela proximidade à fonte geradora, custos de transporte e manuseio, teores de umidade, sistemas de processamento, a preparação para tecnologias mais eficientes e outros custos igualmente importantes.

A partir da Equação 1, determinou-se a quantidade de energia térmica obtida via processo de combustão da biomassa residual para cada mesorregião e para todo o estado por ano (em que 1 MW-h = 3,6 GJ), conforme exposto por Silva e Silva (2016) (Figura 2). Os valores obtidos correspondem a processos térmicos para os quais é possível obter η = 15% na conversão da biomassa em energia térmica, tipicamente vapor em caldeira.

Figura 2. Energia (GJ) obtida na combustão de biomassa residual da indústria de madeira, considerando um processo a η = 15%.



	2012	2013	2014	2015	2016
Oeste Catarinense (SC)	744944	400344	396516	504589	483586
Norte Catarinense (SC)	796201	655906	634492	571709	590612
Serrana (SC)	803092	759869	882425	882327	571442
Vale do Itajaí (SC)	219043	213989	128007	138722	146273
Grande Florianópolis (SC)	21956	68696	74624	60241	55664
Sul Catarinense (SC)	141135	179366	190274	214018	212033
Total - eixo secundário	2726372	2278171	2306338	2371607	2059609

Fonte: elaborado pelos Autores (2019).

Percebe-se, a partir dos dados históricos reunidos nas Figuras 1 e 2, que as quedas na geração de resíduos, bem como, de seu potencial na geração de energia é de cerca de 666.763 GJ, quando comparamos os dados de 2012 e 2016, grande parte associada a redução na produção de toras para o setor no período. Contudo, as mesorregiões Norte, Serrana e Oeste catarinense despontam com maior potencial gerador de energia a partir de resíduos de madeira. Para o ano de 2016, juntas contabilizam um montante de 1.645.640 GJ, cerca de 79,9% de toda a energia gerada no Estado com resíduos do processamento de toras.

Para o cálculo do potencial energético teórico, empregou-se o valor média de resíduos gerados, obtidos da série histórica avaliada (2012-2016), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Potencial de geração de eletricidade a partir de resíduos de madeira processada em Santa Catarina.

	Quant. resíduos	Energia Gerada (MWh/ano)		Potência Instalada (MW)	
	(10^3 t)	η = 15%	η = 30%	η = 15%	η = 30%
Oeste Catarinense (SC)	402,92	140554	281109	16,89	33,78
Norte Catarinense (SC)	517,42	180496	360991	21,69	43,38

Serrana (SC)	620,98	216620	433240	26,03	52,06
Vale do Itajaí (SC)	134,74	47002	94004	5,65	11,30
Grande Florianópolis (SC)	44,78	15621	31242	1,88	3,75
Sul Catarinense (SC)	149,20	52046	104092	6,25	12,51
Total	1870,04	652339	1304677	78,39	156,77

O maior potencial de conversão energética dos resíduos da indústria madeireira, concentra-se na mesorregião Serrana do Estado de Santa Catarina, conforme Tabela 1, formulada a partir de dados disponibilizados pelo IBGE (2018). Para uma avaliação em termos de potência instalada, por meio de centrais termoelétricas de pequeno e médio porte, funcionando por meio de ciclo termodinâmico a vapor (ciclos Rankine), para mesorregião Serrana, estima-se em aproximadamente 26 MW o potencial teórico de geração de energia num processo térmico considerando $\eta = 15\%$, todavia de ~52 MW quando $\eta = 30\%$ na transformação da biomassa em energia térmica.

Doravante, para toda biomassa residual gerada no Estado, a potência instalada alcança um patamar de aproximadamente 78 MW, quando se admite um sistema com uma eficiência de conversão de $\eta = 15\%$. Porém, assumindo uma conversão energética de $\eta = 30\%$, a potência instalada é elevada a cerca de 156 MW.

Para as seis mesorregiões, ao adotarmos os mesmos procedimentos descritos por Coelho, Monteiro e Karniol (2012), em que o cálculo da potência a partir de resíduo de madeira em tora leva em consideração dois cenários: para potenciais maiores que 200 kW/ano e menores que 10 MW/ano considera-se a utilização de equipamento com eficiência de 15% (pequeno porte); e para potencias maiores que 10 MW/ano, considera-se a utilização de equipamentos com eficiência de 30% (médio porte), a potência instalada no estado pode alcançar a magnitude de ~155 MW/ano, conforme série histórica (2012-2016).

A preferência por produtos oriundos de florestas plantadas de pinus e eucalipto em contraposição ao uso de madeira originária de florestas naturais, manterá as perspectivas de crescimento da indústria de base florestal. Porém, conforme Ministério de Minas e Energia (2007), cabe ressaltar que o aproveitamento do potencial energético da biomassa disponível para geração de energia elétrica dependerá do desenvolvimento das tecnologias eficientes de geração em média escala, e do fortalecimento dos mecanismos que favoreçam a geração distribuída e a injeção de excedentes de produção de energia elétrica nas redes de distribuição, favorecendo a cogeração e otimização energética das plantas industriais, evitando o encarecimento pelo transporte destes recurso energéticos para unidas centralizadas, favorecendo a descentralização.

Conclusões

Identificou-se no contexto das mesorregiões de Santa Catarina, um forte potencial para conversão de energia a partir de biomassa residual da indústria madeireira. Dos resultados encontrados, destaca-se a potência teórica disponível no Estado de cerca de 155 MW/ano, que poderia ser instalada e fornecida por meio de centrais termelétricas de pequeno e médio porte funcionando por meio de ciclos termodinâmicos a vapor, resultando em calor de processo (energia térmica) e trabalho (potência).

Como nos cálculos não se admitiu os resíduos de toda a cadeia produtiva do setor florestal, especialmente devido as peculiaridades de cada processo, os valores subestimam o potencial total de geração de energia oriundos de biomassa residual do setor. Doravante, o melhor aproveitamento destes resíduos para geração de energia está condicionado a uma série de fatores que, por sua vez, demandam pesquisa e melhorias conforme realidades de cada mesorregião.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 02 abr. 2019.

COELHO, S. T.; MONTEIRO, M. B.; KARNIOL, M. da R. **Atlas de bioenergia do Brasil.** São Paulo: CENBIO: MME, 2012. 59 p.

COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M.; FREITAS, M. A. V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica.** Brasília, DF: Dupligráfica, 2000.

COELHO, S. T.; SILVA, O. C. da; CONSÍGLIO, M.; PISETTA, M.; MONTEIRO, M. B. C. de A. **Panorama do potencial de biomassa no Brasil.** [*s.l.*]: ANEEL, 2002. 49 p.

DIAS, E. O.; BRITO, D. L. L.; DÜRR, G. C.; BASTOS, P. R. F. de M.; UCHOA, A. de O. Biomassa: oportunidades de geração de eletricidade no estado da Bahia. **Bahia Análise & Dados,** Salvador, v. 27, n. 1, p. 312-335, jan./jun. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura.** [*s.l.*]: IBGE, 2018. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/Acervo#/S/Q. Acesso em: 02 abr. 2019.

IEEUSP - INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Saiba mais sobre biomassa.** [2018?]. Disponível em: www.iee.usp.br/gbio/?q=livro/saiba-mais-sobre-biomassa. Acesso em: 08 abr. 2019.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano nacional de energia 2030.** Brasília, DF: MME/EPE, 2007. 248 p.

NONES, D. L.; BRAND, M. A.; AMPESSAN, C. G. M.; FRIEDERICHS, G. Biomassa residual agrícola e florestal na produção de compactados para geração de energia. **Revista de Ciências Agroveterinárias,** Lages, v. 16, n. 2, p. 155-164, 2017.

SCHNEIDER, V. E.; PERESIN, D.; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A.; SAMBUICHI, R. H. R. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvipastoril e agroindústrias associadas:** relatório de pesquisa. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. 129 p.

SILVA, R. L. da; SILVA, A. M. P. da. Bioenergia da biomassa residual: potencial energético da combustão da casca de arroz em Dourados-MS e região. **Revista Brasileira de Energias Renováveis,** [*s.l.*], v. 5, p. 91-105, 2016.

Espaçamento e clone de eucalipto interferem no poder calorífico e na densidade energética da madeira

Darcy Maria da Conceição Laura dos Santos[1], Ana Paula Leite de Lima[2], Sebastião Ferreira de Lima[2], Déborah Nava Soratto[2], Diego Piter de Abreu[2]

[1]*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil, darcy_mclaurasantos@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*

Resumo

O poder calorífico da madeira é a quantidade de calor que é liberado durante o processo de combustão da biomassa. Sendo assim, o calor gerado em diferentes espécies florestais pode ter influência de alguns fatores como o material genético e o manejo do povoamento. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de clones de Eucalyptus plantados em diferentes espaçamentos sobre o poder calorífico e a densidade energética da madeira formada. O experimento foi implantado na Fazenda Jacuba, pertencente a empresa Cerradinho Bioenergia, em Serranópolis, GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, adotando-se esquema fatorial 3x5. Onde foram testados três clones de híbridos de E. urophylla x E. grandis (A217; AEC144; H13) plantados em cinco espaçamentos (3,0 m x 1,0 m x 0,8 m; 3,0 m x 1,0 m x 1,0 m; 3,0 m x 1,0 m; 3,0 m x 1,5 m; 3,0 m x 2,0 m). Aos 36 meses de idade foi abatida uma árvore de diâmetro médio por parcela, das quais foram retirados discos de madeira, de aproximadamente 5,0 cm de espessura, ao longo da árvore, nas posições: a 1,30 m de altura a partir do solo (DAP), 0% (base da árvore), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do fuste (altura da árvore, cujo diâmetro com casca equivalia a 3,0 cm). A densidade básica da madeira foi determinada seguindo a norma técnica NBR 11941 (ABNT, 2003), utilizando a média aritmética das seis seções longitudinal para calcular a densidade energética. O poder calorífico superior foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela norma da ABNT NBR 11956 (ABNT, 1990), utilizando-se uma bomba calorimétrica adiabática. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O poder calorífico superior da madeira (PCS) variou entre os clones e os espaçamentos estudados. O clone AEC144 apresentou maior valor de PCS (4680,50 kcal kg^{-1}) em comparação aos demais, que apresentaram em média um PCS de 4652,47 kcal kg^{-1}. O espaçamento 3,0 m x 1,0 m x 1,0 m foi aquele que apresentou maior valor de PCS (4706,17 kcal kg^{-1}), em comparação aos demais (em média, 4650,72 kcal kg^{-1}). A densidade energética variou entre os espaçamentos. O espaçamento 3,0 m x 2,0 m apresentou maior valor de DE (1982,4 Kcal m^{-3}). Desta forma, conclui-se que os clones de Eucalyptus e os espaçamentos de plantio interferem no poder calorífico da madeira formada, quanto a densidade energética sofreu influência somente dos clones de eucalipto.

Palavras-chave. *Eucalyptus*. Aproveitamento energético. Biomassa.

Introdução

A matriz energética mundial baseia-se no uso de combustíveis fósseis, caracterizando-se por ser cara, insegura e prejudicial ao meio ambiente. Assim, muitos países buscam por

outras fontes de energia, tais como, a biomassa (BRITO, 2007). Segundo Protásio et al. (2014), a utilização da biomassa para geração de energia tem como vantagem ser renovável, menos poluente e de reduzir a emissão de dióxido de carbono para a atmosfera, quando comparado aos combustíveis fósseis.

Considerando a utilização da biomassa florestal para fins energéticos, o gênero *Eucalyptus* vem sendo muito utilizado para essa finalidade, por apresentar rápido crescimento, boa adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras e alta produtividade em intervalos de tempo menores em comparação com outras espécies (MOULIN et al., 2015; LOPES et al., 2017).

Os métodos silviculturais aplicados no plantio florestal podem afetar o desenvolvimento do povoamento e, entre eles está o espaçamento de plantio. A sua escolha pode influenciar nas características de um povoamento florestal, de modo qualitativo e quantitativo refletindo, consequentemente, nas propriedades da madeira (FERREIRA et al., 2014; TEIXEIRA et al., 2016).

Em florestas de ciclos mais curtos, a densidade de plantio é um fator de fundamental importância, uma vez que afeta, dentre outros, o crescimento das árvores, a produção de biomassa, a qualidade da madeira formada (BERGER, 2000) podendo inclusive afetar a densidade básica da madeira e o seu poder calorífico (PAULINO, 2012).

O poder calorífico da madeira é uma variável que merece atenção quando o objetivo é a produção de madeira para a geração de energia, uma vez que representa a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa de material (JARA, 1989).

Segundo Protásio et al. (2013), as características interessantes da madeira para geração de energia são altos valores de densidade básica e o poder calorífico. Isto é devido ao fato de que madeiras com baixa densidade têm uma rápida degradação térmica reduzindo assim o potencial energético, enquanto madeiras com alta densidade originam produtos com maior poder calorífico (SILVA et al., 2015).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes espaçamentos sobre o poder calorífico e a densidade energética da madeira formada.

Material e Métodos

O experimento foi implantado na Fazenda Jacuba, em área da Usina Cerradinho Bioenergia, no município de Serranópolis, GO, em dezembro de 2014. O clima, segundo Köppen, é tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, precipitação média anual de 1.579 mm e temperatura média anual variando entre 20ºC e 25ºC.

O experimento foi instalado em blocos casualizados, em esquema fatorial, avaliando três clones de eucalipto (A217, AEC144 e H13), híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E.*

grandis, plantados em cinco espaçamentos (dois espaçamentos de linhas duplas: 3,0 x 1,0 x 0,8 m e 3,0 x 1,0 x 1,0 m; e, três espaçamentos em linhas simples: 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m, que resultam em áreas úteis de: 1,6 m^2; 2 m^2; 3 m^2; 4,5 m^2 e 6 m^2, respectivamente), com três repetições.

Aos 36 meses de idade foi abatida uma árvore de diâmetro médio por parcela, totalizando 45 indivíduos, dos quais foram retirados seis discos de madeira, nas posições 1,30 (DAP), 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do fuste (altura do fuste na qual o diâmetro com casca seja igual a 3,0 cm). Os discos foram armazenados, identificados e transportados para o laboratório, onde foram retiradas as cascas e posteriormente seccionados em cunhas, na qual foram selecionadas duas cunhas opostas para a determinação da densidade básica das amostras.

Os procedimentos executados para determinação da densidade básica da madeira foram aplicados seguindo a norma técnica NBR 11941 (ABNT, 2003). A massa seca das amostras foi obtida após a secagem em estufa de circulação de ar forçado, a 105ºC (±2) por 48 horas. A densidade básica foi considerada como a média aritmética dos seis discos obtidos ao longo da árvore.

O poder calorífico superior da madeira foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela norma da ABNT NBR 11956 (ABNT, 1990), utilizando-se uma bomba calorimétrica adiabática. Para determinação do poder calorífico inferior (PCI), descontou-se a quantidade de energia necessária para retirar o hidrogênio da madeira (em torno de 6%) conforme Equação 1 (EMBRAPA, 2012).

$$PCI = PCS - 324 \qquad (Eq.1)$$

Em que: PCI é o poder calorífico interior (kcal kg^{-1}); PCS é o poder calorífico superior (kcal kg^{-1}).

A densidade energética (De, em Mcal m^{-3}) foi obtida conforme Equação 2.

$$De = Db.PCI/1000 \qquad (Eq.2)$$

Em que: De é a densidade energética (Mcal m^{-3}); Db é a densidade básica (g cm^{-3}); PCI é o poder calorífico inferior (kcal kg^{-1}).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e discussão

O poder calorífico superior (PCS) foi influenciado pelos espaçamentos de plantio e pelos clones de eucalipto ($p<0,05$). A interação entre espaçamentos e clones não foi significativa. Ao observar a densidade energética (DE), a interação entre espaçamentos e clones não foi significativa, o mesmo ocorreu para os clones, que sofreu influência somente dos espaçamentos. O espaçamento 3,0 m x 1,0 m x 1,0 m foi aquele que apresentou maior

valor de PCS (4706,17 kcal kg^{-1}), em comparação aos demais, que não diferiram estatisticamente (Tabela 1).

TABELA 1: Valores médios de poder calorífico superior (PCS) e densidade energética (DE) para diferentes espaçamentos (m), aos 36 meses de idade, em Serranópolis, GO, 2018.

ESPAÇAMENTO (m)	PCS (Kcal kg^{-1})	DE (Kcal m^{-3})
3,0 x 1,0 x 0,8	4654,3 b	1744,0 c
3,0 x 1,0 x 1,0	4706,2 a	1782,1 bc
3,0 x 1,0	4666,1 b	1926,2 ab
3,0 x 1,5	4631,7 b	1963,9 a
3,0 x 2,0	4650,7 b	1982,4 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A densidade energética (DE), que se relaciona à energia contida em um dado volume de madeira, aumentou com o espaçamento de plantio, sendo que o maior valor foi observado no espaçamento mais amplo (1982,4 Kcal m^{-3}) enquanto, no menor espaçamento foi observada a menor DE (1744,0 Kcal m^{-3}), ou seja, um valor 14% menor em relação àquele obtido no espaçamento 3,0 x 2,0 m (Tabela 1). De acordo com Rocha (2011), árvores plantadas em espaçamentos mais amplos tende a ter maior disponibilidade de fatores de crescimento (luz, água, solo e nutriente), resultando em maior copa e maior quantidade de fotoassimilados produzidos, os quais irão regular o espessamento da parede celular e, consequentemente, ocasionar um aumento na densidade básica da madeira.

Madeiras de alta densidade resultam em uma queima mais lenta e maior produção de energia (VALE et al., 2002). Aliado a isso, Silva et al. (2015) observou que, quanto maior a densidade básica, maior é a quantidade de energia estocada por metro cúbico de madeira, ou seja, existe uma relação direta entre a densidade básica e a quantidade de energia produzida.

O poder calorífico superior da madeira (PCS) variou entre os clones (Tabela 2). O clone AEC144 apresentou maior valor de PCS (4680,50 kcal kg^{-1}) em comparação aos demais, que não diferiram entre si. Quirino et al. (2005), ao revisarem a literatura sobre diferentes espécies florestais tropicais, relataram valores de PCS de 4501 a 4701 Kcal kg^{-1} para *Eucalyptus grandis*. Enquanto Silva et al. (2012), encontrou um PCS médio de 4346 Kcal kg^{-1} em um povoamento com um ano de idade.

TABELA 2: Valores médios de poder calorífico superior (PCS) para diferentes clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, aos 36 meses de idade, em Serranópolis, GO, 2018.

CLONE	PCS (Kcal kg^{-1})
A217	4654,0 b
AEC144	4680,5 a

H13	4651,0 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Valores encontrados neste trabalho para o PCS estão coerentes aos relatados na literatura para a madeira de *Eucalyptus* (BRAND et al., 2011; SANTOS et al., 2016). Pereira et al. (2000), estudando varias espécies de eucalipto, observaram valores que variaram de 5080 Kcal kg^{-1} para *Eucalyptus camaldulensis* com 6 anos de idade a 4340 Kcal kg^{-1} para *Eucalyptus grandis* com 3 anos de idade.

Conclusões

Os clones de *Eucalyptus* e os espaçamentos de plantio interferem no poder calorífico da madeira formada.

A densidade energética aumenta com o espaçamento de plantio.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1990). NBR 11.956: Madeira, determinação do poder calorífico.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). NBR 11.941: Madeira, determinação da densidade básica.

BERGER, R., SCHNEIDER, P. R., FINGER, C. A. G. (2000). Efeito do espaçamento e da fertilização sobre o crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus Saligna* SMITH. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBREMANEJO FLORESTAL. V.1, pp. 209-236.

BRAND, M. A., MUÑIZ, G. I. B., QUIRINO, W. F., BRITO, J. O. (2011). Storage as a tool to improve wood fuel quality. **Biomass and Bioenergy**, Oxford. V. 35, pp. 2581-2588.

BRITO, J. O. (2007). O uso energético da madeira. Estudos Avançados. V. 21, n. 59, pp. 9.

FERREIRA, D.H.A.A., LELES, P.S.S., MACHADO, E.C., ABREU, A.H.M., ABILIO, F.M. (2014). Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x E. *grandis* em diferentes espaçamentos. Revista Floresta. V. 44, pp. 431-440.

LOPES, E. D., LAIA, M. L., SANTOS, A. S., SOARES, G. M., LEITE, R. W. P., MARTINS, N. S. (2017). Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus.* Floresta. V.47, pp.95-104.

MOULIN, J.C., ARANTES, M.D.C., VIDAURRE, G.B., PAES, J.B., CARNEIRO, A.C.O. (2015). Efeito do espaçamento, da idade e da irrigação nos Componentes químicos da madeira de eucalipto. Revista Árvore.V. 39, n. 1, pp. 199-208.

JARA, E.R.P. (1989). O poder calorífico de algumas madeiras queocorrem no Brasil. IPT – Comunicação Técnica. V.1797, pp.1-6.

VALE, A.T., BRASIL, M. A. M., LEÃO, A. L. (2002). Qualificação e caracterização energética damadeira e casca de espécies do cerrado. Ciência Florestal. V.12, n.1, pp.71-80.

PAULINO, E. J. (2012). Influência do espaçamento e da idade na produção de biomassa e na rotação econômica em plantios de eucalipto. Dissertação (Mestre em Manejo Florestal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Pp. 60.

PEREIRA, J. C. D., STURION, J. A., HIGA, A. R., HIGA, R. C. V., SHIMIZU, J. Y. (2000). Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo:Embrapa Florestas. V.1, pp.113.

PROTÁSIO, T.P., NEVES, T.A., REIS, A.A., TRUGILHO, P.F. (2014). Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp visando à produção de bioenergia. Ciência Florestal. V. 24, n. 2, pp. 465-477.

PROTÁSIO, T.P., NEVES, T.A., REIS, A.A., TRUGILHO, P.F. (2013). Seleção de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. Scientia Forestalis. V. 41, n. 97, pp. 15-28.

QUIRINO, W. F., VALE, A. T., ANDRADE, A. P. A., ABREU, L. S., AZEVEDO, A. C. S. (2005). Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. Revista da Madeira. V.15, n.89, pp.100-106.

ROCHA, M. F. V.(2011). Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandi*s x *Eucalyptus camaldulensis* para energia [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

SANTOS, R. C., CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., CASTRO, R. V. O., VIDAURRE, G. B., TRUGILHO, P. F., CASTRO, A. F. N. M. (2016). Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. Revista Ciência Florestal. V. 26, pp. 657-669.

SILVA, C. J. et al. (2015). Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado de Tocantins. Pesquisa Florestal Brasileira. V. 35, pp. 63-75.

SILVA, D. A., CARON, B. O., BEHLING, A., SOUZA, V. Q., ELOY, E. (2012). Ponto de amostragem ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico da madeira. Ciência Rural. V.42, n.9, pp.1588-1595.

TEIXEIRA, C. M. et al. (2016). Caracterização química de resíduos de *Eucalyptus* sp. de Florestas de Curta Rotação para a produção de bioenergia. Revista Virtual de Química. V. 8, pp. 1693-1701.

ESTUDO DA DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DO SABUGO DE MILHO: ABORDAGEM VIA MODELOS CINÉTICOS

Amanda Carla Ribeiro da Silva[1], Anderson Lima de Menezes[1], José Alair de Santana Junior[1], Carlos Henrique Ataíde[1]

[1]*Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, amandacrs_01@yahoo.com.br.*

Resumo

O aproveitamento do sabugo de milho por meio da pirólise para produzir bio-óleo é uma forma de agregar valor às cadeias produtivas desta biomassa. O conhecimento da cinética via TGA é fundamental no desenvolvimento do projeto do reator de pirólise, otimização das operações e produção de biocombustível. Deste modo, análises termogravimétricas em atmosfera de nitrogênio foram realizadas para investigar o processo de decomposição térmica do sabugo de milho. Modelos cinéticos variados incluindo Friedman, Flynn-Wall-Ozawa e Miura-Maki foram utilizados para determinar a energia de ativação do material. Os resultados evidenciaram a influência da taxa de aquecimento nas curvas TG e DTG. O cálculo da Ea foi feito através da inclinação da linha reta a partir da regressão linear para os modelos. Com o aumento da conversão verificou-se o aumento da E_a para todos os métodos utilizados. Os três permitiram estimar a E_a do processo de degradação térmica da biomassa com boa precisão.

Palavras-chave. Pirólise de biomassa. Análise termogravimétrica (TGA). Energia de ativação (*Ea*). Análise cinética.

Introdução

Biomassas lignocelulósicas tem se destacado como fontes de energia renovável em potencial bem como possíveis substitutos aos recursos derivados de combustíveis fósseis, cuja oferta é cada vez mais escassa (POLETTO *et al*., 2012). As culturas agrícolas e os resíduos por ela gerados são grandes fontes de biomassas amplamente disponíveis, como é o caso do sabugo de milho resultante do processamento do milho, que é um dos resíduos gerados em maior volume nas lavouras do Brasil. Estima-se que, destes resíduos, de 15 a 20% correspondem aos sabugos (SOKHANSANJ *et al*., 2002). Estes podem ser convertidos em várias formas de combustível e matérias-primas químicas, por meio de métodos como a pirólise (LIANG *et al*., 2014). A pirólise é um processo de conversão termoquímica em que a biomassa é aquecida na ausência de oxigênio geralmente entre 300-600°C.

A modelagem do processo de pirólise de biomassas lignocelulósicas envolve a determinação dos seus principais parâmetros operacionais e de projeto, ou seja, demanda informações sobre os parâmetros cinéticos, em particular as energias de ativação. A análise termogravimétrica (TGA) é a ferramenta mais utilizada para se obter dados cinéticos experimentais, e a análise

cinética isoconversional é a maneira mais eficaz de processar dados de TGA para calcular as energias de ativação na pirólise destes materiais (CAI *et al*., 2018).

O objetivo deste trabalho foi investigar o processo de decomposição térmica do sabugo de milho em diferentes taxas de aquecimento e estabelecer os valores de energia de ativação por meio da análise termogravimétrica associada a modelos isoconversionais (Friedman e FWO) e a um modelo de energia de ativação distribuída (Miura-Maki). Neste estudo, o fator pré-exponencial de Arrhenius (A) não foi estimado.

Material e Métodos

Biomassa

Os experimentos foram realizados no laboratório de Processos de Separação da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia. A amostra de sabugo de milho utilizada nas análises deste trabalho foi cedida pelo grupo JC Rações. O material foi moído em um moinho de facas do tipo Willey (modelo SL-31) e classificado em peneira granulométrica de 60 mesh, cujas partículas passantes foram utilizadas nos testes.

Análises termogravimétricas

A amostra de sabugo de milho foi caracterizada termicamente em um analisador termogravimétrico modelo TGA/DTG-60H, marca Shimadzu, sob fluxo contínuo de atmosfera inerte de nitrogênio gasoso de alta pureza (99,999), a uma taxa de 30 mL min^{-1}.

Aproximadamente 6 mg de material foi utilizado em cada análise. O procedimento experimental consistiu em aquecer o material até 100°C, com taxa de aquecimento de 50°C min^{-1}, permanecendo a essa temperatura por 30 min, tempo necessário para que a amostra perca umidade. Os dados correspondentes a este intervalo foram desconsiderados. Em seguida, com o intuito de se avaliar a decomposição térmica do material em função da perda de massa, procedeu-se o aquecimento das amostras até 900°C empregando diferentes taxas de aquecimento (5, 10, 15, 20 e 25°C min^{-1}). Para garantir a reprodutibilidade das curvas de perda de massa obtidas, três testes foram realizados sob as mesmas condições experimentais para cada taxa de aquecimento selecionada. Os valores de perda de massa (TG) e perda diferencial de massa (DTG) foram então obtidos a partir dos dados de massa, tempo e temperatura, registrados pelo software do TGA.

Determinação da energia de ativação

Existem diversos modelos cinéticos incluindo os isoconversionais Friedman e Flynn-Wall-Ozawa (FWO) e o de energia de ativação distribuída, Miura-Maki. Métodos isoconversionais são utilizados para se estimar parâmetros cinéticos, em especial a energia de ativação, a partir das curvas TG e DTG (medidas em diferentes taxas de aquecimento) em um grau de conversão fixo, sem o conhecimento do mecanismo da reação. Ou seja, a abordagem permite obter a dependência dos parâmetros cinéticos com o grau de conversão sem fazer quaisquer suposições sobre a função ou ordem da reação, evitando assim o risco de se obter parâmetros cinéticos incorretos devido a uma função de reação inadequada (YAO *et al*., 2008). Dentre os modelos isoconversionais, o de Friedman é o método mais usado devido à sua simplicidade e alta precisão (CAI *et al*., 2018).

A Tabela 1 sintetiza os modelos utilizados neste estudo.

Tabela 1. Modelos cinéticos usados na avaliação da energia de ativação neste estudo.

Método	Expressão	Gráfico
Friedman	$\ln\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)=\ln\left[\beta\left(\frac{d\alpha}{dT}\right)\right]=\ln\left[Af(\alpha)\right]-\frac{Ea}{RT}$	$\ln\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)$ vs. $\frac{1}{T}$
Flynn-Wall-Ozawa	$\log\beta=\log\left(A\frac{Ea}{Rg(\alpha)}\right)-2,315-0,4567\frac{Ea}{RT}$	$\log\beta$ vs. $\frac{1}{T}$
Miura-Maki	$\ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right)=\ln\left(\frac{AR}{Ea}\right)+0,6075-\left(\frac{Ea}{RT}\right)$	$\ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right)$ vs. $\frac{1}{T}$

Em que α representa o grau de conversão e β representa a taxa de aquecimento (dT/dt).

Resultados e discussão

Composição química do sabugo de milho

No intuito de se investigar como a composição química do sabugo de milho estudado influencia na sua estabilidade térmica, o teor de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos foi determinado. Os resultados são apresentados na Tabela 2 e estão de acordo com os reportados na literatura.

Tabela 2. Composição química do sabugo de milho (%).

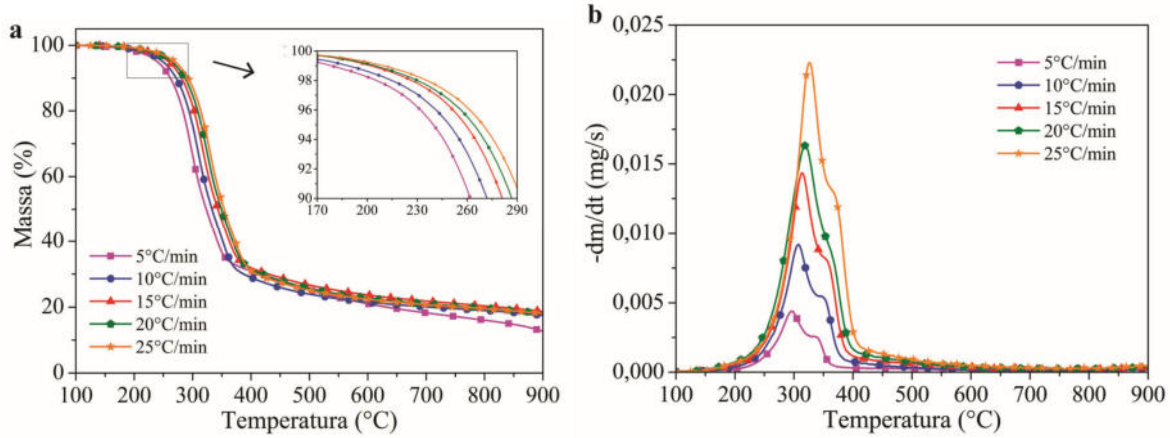
	Celulose	Hemicelulose	Lignina	Extrativos
Neste trabalho	31,33	29,19	17,97	3,85
RAJ *et al*., 2015	32,20	29,00	18,80	–

Análises termogravimétricas

O percentual de perda de massa (TG) em função da temperatura, obtido experimentalmente para cada taxa de aquecimento empregada nos testes não isotérmicos, é apresentado na Figura 1 (a). Já a Figura 1 (b) apresenta a derivada termogravimétrica das curvas, a DTG. O estágio inicial, que ocorre em torno de 100°C, é o da desidratação. Os demais estágios correspondem à decomposição dos componentes da biomassa.

Analisando simultaneamente as curvas DTG e os dados de composição química do sabugo de milho, apresentados na Tab. 2, algumas hipóteses podem ser levantadas. Inicialmente, é possível observar a existência de um pico seguido de um ombro, na Fig. 1 (b). Pela forma das curvas e considerando que este material possui outros compostos além de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos, podemos supor que o primeiro pico (mais alto) seria o de decomposição da hemicelulose (que ocorre por volta de 300°C) e outros constituintes como proteínas e extrativos. Já o ombro (pico mais baixo) seria caracterizado pela degradação da celulose, que normalmente ocorre em torno de 350°C. Uma possibilidade seria o fato dos extrativos e proteínas se decomporem a baixas temperaturas, próximas das temperaturas de decomposição da hemicelulose. Assim, o pico de extrativos e proteínas deslocaria o pico de hemicelulose, de modo que a sobreposição desses dois picos gere uma curva mais pronunciada que a da celulose. O pico de decomposição da lignina, molécula termicamente mais estável e que se decompõe em temperaturas que variam de 300 a 800°C, estaria ocorrendo sobreposto a esses dois.

Figura 1. Curvas TG (a) e DTG (b) de decomposição térmica do sabugo de milho em diferentes taxas de aquecimento.



Conforme a Tabela 3, a temperatura inicial de perda de massa, T_i, é considerada como a temperatura em que a amostra perde 3% do seu peso (POLETTO *et al*., 2012). A temperatura do pico, T_p, corresponde à temperatura em que a taxa de decomposição máxima foi obtida. T_{ombro} é a temperatura em que são identificados ombros correspondentes à provável degradação da celulose. A porcentagem mássica residual, mostrada ao final da curva TG, foi de, aproximadamente, 13% para a taxa de 5ºC min^{-1} e em torno de 18% para as demais taxas.

Tabela 3. Temperaturas de degradação térmica.

Taxa de aquecimento (°C min^{-1})	T_i (°C) 3% perda de massa	T_p (°C)	T_{ombro} (°C)	Resíduo a 900°C (%)
5	222	296	338	12,73
10	231	308	348	17,52
15	239	314	354	18,73
20	244	319	363	18,16
25	250	326	368	18,01

Sobre os efeitos das taxas de aquecimento nas curvas TG e DTG pode-se observar que estas modificam as posições das curvas. O aumento da taxa de aquecimento deslocou as curvas para temperaturas mais altas, ou seja, a decomposição passou a ocorrer em temperaturas mais elevadas. A uma taxa de aquecimento superior, mais energia térmica estava disponível para facilitar uma melhor transferência de calor entre o ambiente e o interior das amostras (ONSREE *et al*., 2018).

As curvas DTG em diferentes taxas de aquecimento foram qualitativamente similares, consistindo de um pico pronunciado, um pequeno pico e uma longa cauda. Na menor taxa de aquecimento, a forma da curva DTG era estreita e baixa. Para taxas de aquecimento mais altas, tornou-se mais ampla e mais alta.

Determinação da energia de ativação

Ao estudar a cinética de degradação do sabugo de milho, a variação da *Ea* com o grau de conversão, obtido através dos métodos já mencionados foi frequentemente observada, conforme ilustrado nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2. Modelo de Friedman.

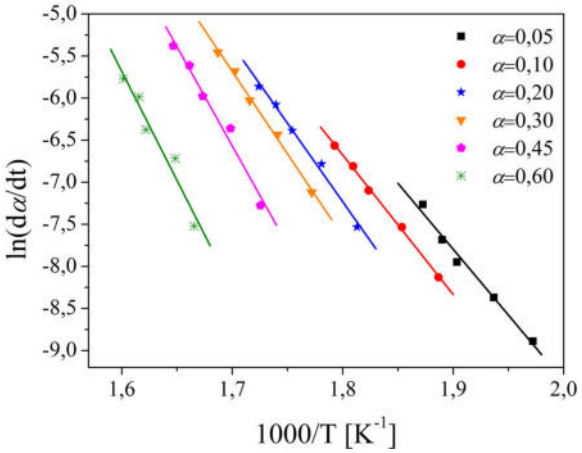


Figura 3. Modelo de Flynn-Wall-Ozawa.

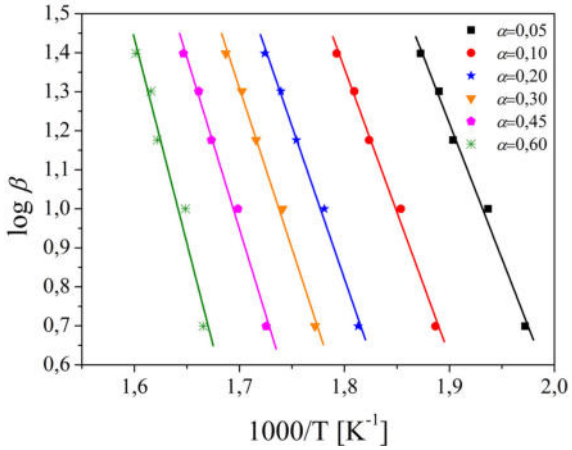
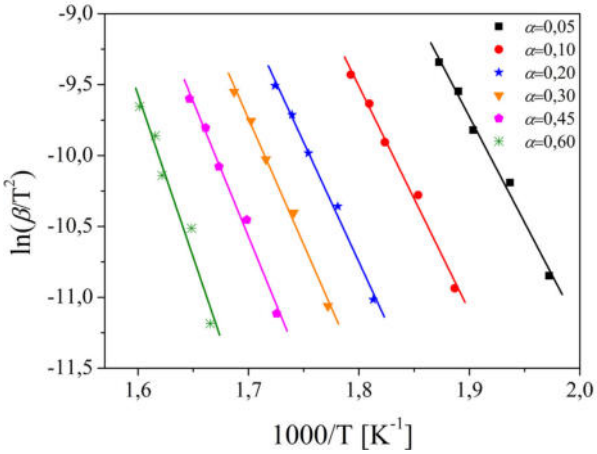


Figura 4. Modelo de Miura-Maki.



É possível verificar nas Fig. 2, 3 e 4 que as linhas ajustadas são quase paralelas, indicando energias de ativação aproximadas em diferentes conversões, o que implica na possibilidade de um único mecanismo de reação (ou a unificação de múltiplos mecanismos de reação), de acordo com Yao *et al*. (2008).

A Tabela 4 lista as energias de ativação obtidas por meio das regressões lineares apresentadas nas Fig. 2, 3 e 4, bem como os coeficientes de determinação. Os dados foram bem representados pelo modelo linear para todas as conversões analisadas, embora tenha sido observada uma redução no valor de R^2 para o grau de conversão de 0,60.

Pela análise da Tab. 4, pode-se observar que Ea depende de α: para o modelo de Friedman, Ea aumenta gradualmente de 130,18 para 215,32 kJ mol^{-1} quando α aumenta de 0,05 para 0,60. Para o modelo de Flynn-Wall-Ozawa, variando-se as conversões no mesmo intervalo, verifica-se o aumento de Ea de 126,19 para 190,86 kJ mol^{-1}. As energias de ativação variaram de 124,05 para 190,52 kJ mol^{-1} com o aumento das conversões (0,05–0,60), para o modelo de Miura-Maki. É possível verificar também pela Tab. 4, que os valores obtidos para Ea através do modelo de Friedman são superiores aos obtidos pelos demais modelos.

Tabela 4. Energia de ativação e coeficientes de correlação da regressão linear para os modelos estudados.

α	Friedman		Flynn-Wall-Ozawa		Miura-Maki	
	Ea [kJ mol^{-1}]	R^2	*Ea* [kJ mol^{-1}]	R^2	*Ea* [kJ mol^{-1}]	R^2
0,05	130,18	0,985	126,19	0,992	124,05	0,991
0,10	137,93	0,998	134,05	0,992	131,94	0,992
0,20	155,05	0,991	142,33	0,995	140,27	0,994
0,30	163,06	0,996	149,60	0,995	147,70	0,994
0,45	195,85	0,978	159,94	0,991	158,33	0,990
0,60	215,32	0,949	190,86	0,967	190,52	0,964
Média	166,23 ± 30,34	–	150,50 ± 21,00	–	148,80 ± 21,61	–

Conclusões

Análise de TG foi utilizada para investigar o processo de decomposição térmica do sabugo de milho. Foi verificada a influência das taxas de aquecimento no perfil das curvas TG e DTG, bem como o efeito das conversões utilizadas no cálculo de *Ea* . Os valores obtidos pelos métodos de Friedman, FWO e Miura-Maki para as médias da energia de ativação foram próximos, indicando que os modelos se mostraram eficazes para estimar tal parâmetro. Assim, o presente estudo contribuiu para o conhecimento da cinética de degradação térmica do sabugo de milho, permitindo o aprimoramento do processo de conversão desse resíduo em produtos de maior valor agregado.

Referências Bibliográficas

CAI, J., XU, D., DONG, Z., YU, X., YANG, Y., BANKS, S., BRIDGWATER, A. (2018) Processing thermogravimetric analysis data for isoconversional kinetic analysis of lignocellulosic biomass pyrolysis: Case study of corn stalk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* V.82, pp. 2705–2715.

LIANG, Y., CHENG, B., SI, Y., CAO, D., JIANG, H., HAN, G., LIU, X. (2014) Thermal decomposition kinetics and characteristics of Spartina alterniflora via thermogravimetric analysis. *Renewable Energy.* V. 68, N., pp. 111–117.

ONSREE, T., TIPPAYAWONG, N., ZHENG, A., LI, H. (2018) Pyrolysis behavior and kinetics of corn residue pellets and eucalyptus wood chips in a macro thermogravimetric analyzer. *Case Studies in Thermal Engineering*. V. 12, pp. 546–556.

POLETTO, M., ZATTERA, A., FORTE, M., SANTANA, R. (2012) Thermal decomposition of wood: Influence of wood components and cellulose crystallite size. *Bioresource Technology.* V. 109, pp. 148–153.

RAJ, T., KAPOOR, M., GAUR, R., CHRISTOPHER, J., LAMBA, B., TULI, D. K., KUMAR, R. (2015) Physical and Chemical characterization of various Indian agriculture residues for biofuels production. *Energy and Fuels*. V.29, pp. 3111–3118.

SOKHANSANJ, S., TURHOLLOW, A., CUSHMAN, J., CUNDIFF, J. (2002) Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy. *Biomass and Bioenergy.* V. 23, pp. 347–355.

YAO, F., WU, Q., LEI, Y., GUO, W., XU, Y. (2008) Thermal decomposition kinetics of natural fiber: Activation energy with dynamics thermogravimetric analysis. *Polymer Degradation and Stability.* V. 93, pp. 90–98.

ESTUDO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA BIOMASSA RESIDUAL DE UMA PEQUENA PROPRIEDADE RURAL DA ZONA DA MATA MINEIRA

Augusto Cesar Laviola de Oliveira[1], Michael de Oliveira Resende[2], Natália dos Santos Renato[3]

[1]*Mestrando em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, augusto.laviola@ufv.br*

[2]*Doutorando em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG e Professor – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, MG*

[3]*Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG*

Resumo

O aumento da demanda de energia elétrica, aliado a fatores climáticos, fez com que o Brasil vivenciasse recentemente uma crise energética. Isso é uma consequência de sua grande dependência das hidrelétricas. Portanto, a necessidade da diversificação da matriz elétrica brasileira torna primordial o investimento em fontes alternativas e renováveis. Um passo importante para a otimização desse setor foi a resolução normativa Nº 482 desenvolvida pela ANEEL, que incentiva a micro e minigeração distribuída. Diante disso, este trabalho consiste em estimar o potencial energético de uma pequena propriedade rural a partir de resíduos provenientes da atividade agropecuarista. Os resultados obtidos confirmam a eficiência dessa alternativa que, além de suprir o consumo, gera um retorno financeiro positivo (R$ 14.274,00) que poderá auxiliar nos gastos com a implantação do sistema de geração. Dessa forma, transforma o problema de destinação inadequada de resíduos em uma solução sustentável.

Palavras-chave. Agropecuária. Energia da Biomassa. Desenvolvimento Sustentável. Potencial Energético. Geração Distribuída.

Introdução

O Brasil está enfrentando uma enorme crise energética advinda da falta de investimentos no setor e do aumento gradativo do consumo de energia elétrica. Como consequência disso, o Governo Federal vem aplicando medidas que culminam no racionamento e redução do consumo, de cunho linear e obrigatório, sob pena de cortes do fornecimento e multas. Umas das principais causas desse problema é a dependência do país com relação às usinas hidrelétricas, sendo essas responsáveis pela produção de 64% da energia consumida no território nacional, e pelo fato desse tipo de fonte ser influenciado diretamente por transformações ambientais (REIS et al., 2017).

O investimento em fontes alternativas de energia que sejam renováveis deve ser o primeiro passo, a fim de promover a diversificação da matriz elétrica brasileira e aproveitar as elevadas

dimensões territoriais e condições físicas e climáticas existentes ao longo dela, sem que haja uma degradação ríspida do meio ambiente.

Uma fonte renovável abundante no território brasileiro é a biomassa. Essa fonte é definida por qualquer recurso renovável derivado de material orgânico de origem animal ou vegetal, existente na natureza ou gerado pelo homem e/ou animais, como resíduos de atividades agrícolas, industriais e resíduos urbanos. Essa matéria prima pode ser uma alternativa interessante uma vez que pode ser transformada em divesos combustíveis e conferir maior flexibilidade de adaptação tecnológica de acordo com a necessidade (FERREIRA et al., 2018).

Uma das rotas de obtenção desses combustíveis como, por exemplo, o biogás, dá-se pela degradação do material orgânico por microrganismos sob condições anaeróbias. Esse gás pode ser utilizado na geração de energia elétrica, calor ou na produção de biometano, que é um biocombustível gasoso que pode ser injetado em redes de gás natural ou utilização em veículos de transporte (SCARLAT et al., 2018).

Diversos estudos foram realizados nesta área ultimamente sendo eles de contabilização do potencial de geração de biogás de diferentes fontes (SALOMON et al., 2005), análises de casualidade de curto e longo prazo entre o consumo de energia da biomassa e o crescimento econômico do país (BILDIRICI, 2013), avaliação do potencial de biomassa do Brasil e os níveis de recursos disponíveis para exportação (WELFLE, 2017), caracterização de resíduos de produção avícola como combustível e discussão dos principais processos termoquímicos para a sua conversão energética (DALÓLIO et al., 2017), quantificação da biomassa sólida agrícola e o seu potencial energético em países dependentes de combustíveis fósseis como Croácia (BILANDZIJA et al., 2018) e Bolívia (MORATO et al., 2019).

Em 2012, o Brasil deu um grande passo com a criação, por parte da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), da Resolução Normativa Nº 482 que estabelece condições gerais para a micro e minigeração distribuída, conexão na rede e ganhos na forma de crédito, o que incentiva ainda mais a utilização de fontes renováveis que antes eram perdidas (ANEEL, 2012). Visto isso, o objetivo deste trabalho é levantar o potencial de geração de energia elétrica através da biomassa residual proveniente de atividades agropecuaristas de uma pequena propriedade rural, bem como avaliar as relações produção-consumo-excedente e economia-crédito em um período anual.

Materiais e Métodos

Com a finalidade de fazer o levantamento de geração de energia elétrica, desenvolveu-se um estudo de caso na propriedade denominada Fazenda Gironda (Figura 1), situada no município de São Francisco do Glória, na Zona da Mata Mineira. Sendo as principais atividades econômicas desenvolvidas nessa propriedade a pecuária leiteira e o cultivo do café. Para o levantamento dos dados necessários para a pesquisa foram feitos os seguintes questionamentos ao proprietário:

a) Qual a área total da propriedade?
b) Qual a produção anual das lavouras cafeeiras existentes na fazenda?
c) Qual o tamanho do rebanho leiteiro?

d) Existem outros tipos de animais criados para o consumo próprio? Se sim, quais e a qual quantidade de cada um deles?

Figura 1. Área destinada ao Cultivo de Café da Fazenda Gironda.

Fonte: Google Earth.

Por meio dos dados obtidos através do questionário acima foi possível estimar o potencial energético, em kWh/ano, dos resíduos da produção de café e também dos efluentes líquidos animais, com base nas Equações 1, 2 e 3, propostas por Reis et al. (2017).

$$Potencial_{café}\left(\frac{kW}{ano}\right) = \frac{t_{café} \cdot F_C \cdot PCU \cdot F_D \cdot \eta}{5880 \cdot 860} \quad (1)$$

$t_{café}$ é a produção de café de kg.

F_C é o fator de conversão de quilograma de café para quilograma de biomassa.

PCU é o poder calorífico útil a 13,5 % de umidade, sendo ele igual a 3399,8 kcal/kg.

F_D é o fator de disponibilidade para coleta, que assumo valor igual a 0,4.

η é a eficiência de conversão igual a 0,15.

5880 é 67% das horas anuais (geração na colheita) e 860 a conversão de kcal para kWh.

De acordo com a origem dos efluentes animais, além da aplicação das Equações 2 e 3 para o cálculo do potencial, devem ser colhidos valores de conversão energética na Tabela 1 conforme o caso.

Tabela 1. Valores de conversão energética para os efluentes animais.

Origem	kg de esterco/dia (E_t)	kg biogás/kg de esterco (P_b)	Concentração de Carbono % (CH_4)
Suínos	2,25	0,062	66
Bovinos	10	0,037	60
Aves	0,18	0,055	60

Fonte: Reis et al., 2017.

$$Q_{met} = 365 \cdot N_{animais} \cdot E_t \cdot P_b \cdot CH_4 \quad (2)$$

Q_{met} é a quantidade de metano gerado no ano (kg/ano).

$N_{animais}$ é o número de animais.

E_t é a produção diária de esterco por um determinado animal (kg de esterco/dia).

P_b é a produção de biogás (kg biogás/kg de esterco).

CH_4 é a concentração de metano no biogás (%).

$$Potencial_{efluentes_animais}\left(\frac{kW}{ano}\right) = \frac{Q_{met} \cdot PCI \cdot \eta}{8760 \cdot 860} \quad (3)$$

PCI é o poder calorífico inferior igual a 11940 kcal/kg.

η é a eficiência de conversão, cujo valor é 0,28.

8760 é o funcionamento durante todo o ano e 860 é o fator de conversão de kcal/kWh.

A energia total anual ou mensal foi obtida através da soma da energia dos resíduos do café com a dos efluentes animais (Equação 4). Ressalta-se que os cálculos individuais das mesmas dependem dos potenciais e suas respectivas disponibilidades no período de tempo adotado.

$$Energia_{total} = Energia_{café} + Energia_{efluentes_animais} \quad (4)$$

Por fim, para realizar as análises de resultados, foi utilizado o histórico de consumo anual de energia elétrica da propriedade com início em março de 2018 e término em fevereiro de 2019. A partir desses dados, estimou-se a produção mensal que levou em consideração o período de colheita do café de março a outubro (CONAB, 2017) e estabelecidas as relações produção-consumo-excedente e economia-crédito consideradas tarifas rural e convencional (NR 482).

Resultados e discussão

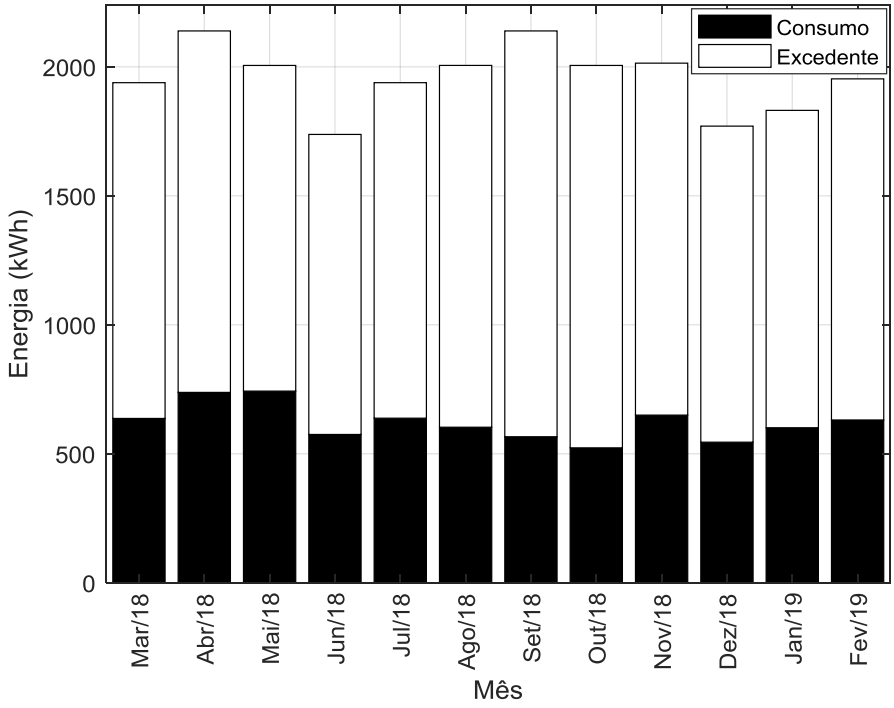
Segundo o proprietário, a Fazenda Gironda possui uma área de 46 hectares, uma produção anual de 100 sacas de café (6000 kg); 68, 40 e 4 cabeças de gado leiteiro, aves e suínos, respectivamente. E, com base na metodologia, foram obtidos os potenciais de 0,242 kW/ano (café); 2,4452 kW/ano (excreta bovina); 0,03848 kW/ano (efluentes de aves) e 0,05965 kW/ano (resíduos de suínos), resultando em uma energia total anual produzida de 23,5 MWh.

Logo, para a comparação entre produção, consumo e excedente de energia mensal foram utilizados a Tabela 2 e os potenciais previamente calculados. Os resultados encontram-se em gráficos de barras na Figura 2.

Tabela 2. Histórico de consumo de energia da Fazenda Gironda 2018/2019.

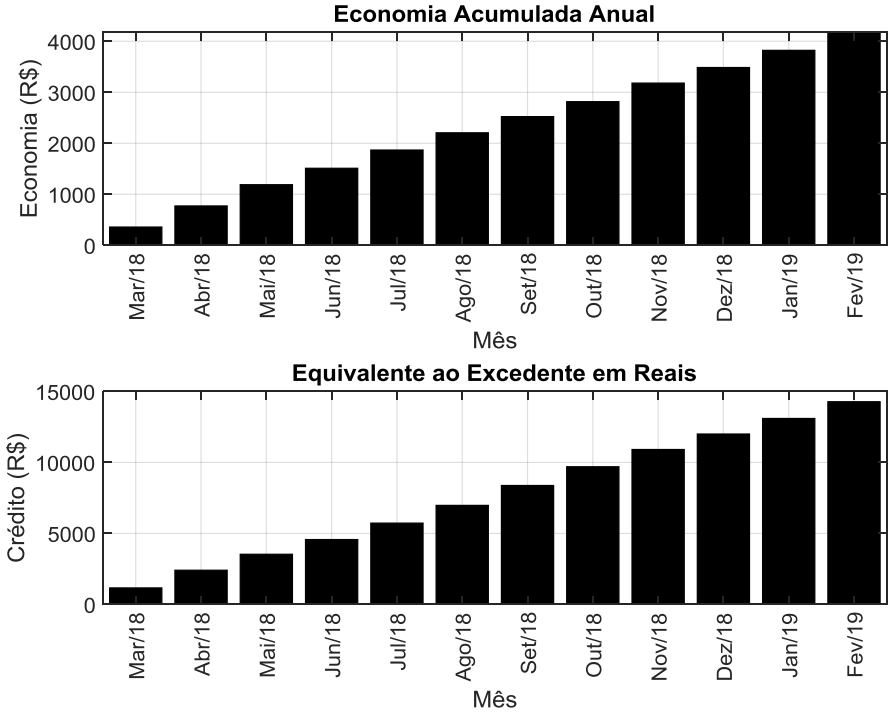
Mês/Ano	Consumo (kWh)	Dias	Mês/Ano	Consumo (kWh)	Dias
Março/2018	637	29	Setembro/2018	566	32
Abril/2018	738	32	Outubro/2018	523	30
Maio/2018	743	30	Novembro/2018	650	33
Junho/2018	575	26	Dezembro/2018	545	29
Julho/2018	638	29	Janeiro/2019	601	30
Agosto/2018	603	30	Fevereiro/2019	631	32

Figura 2. Energia produzida mensal em parcelas de consumo e excedente.



Verifica-se, na Figura 2, que a produção de energia atende o consumo da fazenda em todos os meses e gera um crédito total de 16 MWh durante um ano. E como os valores das tarifas rural e residencial monofásico convencional, de acordo com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), correspondem a 0,5607 e 0,8905 R$/kWh, respectivamente, é possível estimar economia e crédito (calculando o equivalente do excedente em reais), vide Figura 3.

Figura 3. Análise de economia e crédito.



Logo, se implementada a geração de energia por meio da biomassa residual, seria obtida uma economia total de R$ 4.176,90 durante o período analisado, uma vez que o produtor rural deixaria de pagar pelo consumo (Figura 3). Também obter-se-ia um crédito total de R$ 14.274,00, que poderia gerar um retorno financeiro caso os vizinhos, que pagam a tarifa convencional, criassem um consórcio junto ao proprietário com base na legislação vigente.

Conclusões

O presente estudo pôde comprovar que a utilização de resíduos provenientes de atividades agropecuaristas é uma alternativa eficiente para a geração de energia elétrica em pequenas propriedades rurais. Além de suprir o consumo, essa opção poderá gerar um saldo financeiro positivo que custeará os gastos, ou parte deles, com a implantação do sistema. Contudo, novas pesquisas são necessárias a fim de projetar e orçar o complexo a ser construído, de modo a garantir a viabilidade e incentivar os produtores a adotarem essa fonte de energia renovável, e transformar um problema ambiental em uma solução sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, ao IF Sudeste MG - *Campus* Juiz de Fora, a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a efetivação deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2012) *Resolução Normativa Nº 482.* p. 1-12. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf. Acesso em: 23/03/2019.

BILANDZIJA, N., VOCA, N., JELSIC, B., JURISIC, V., MATIN, A., GRUBOR, M., KRICKA, T. (2018) Evaluation of Croatian agricultural solid biomass energy potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* V.93, pp. 225-230.

BILDIRICI, M. E. (2013) Economic growth and biomass energy. *Biomass and Bioenergy.* V.50, pp. 19-24.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2017) *Observatório agrícola: acompanhamento da safra brasileira de café.* v.4, p. 1-98. Disponível em: http://www.conab.fov.br. Acesso em: 23/03/2019.

DALÓLIO, F. S., SILVA, J. N., OLIVEIRA, A. C. C., TINÔCO, I. F. F., BARBOSA, R. C., RESENDE, M. O., ALBINO, F. T., COELHO, S. T. (2017) Poultry litter as biomass energy: A review and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* V.76, pp. 941-949.

FERREIRA, L. R. A., OTTO, R. B., SILVA, F. P., DE SOUZA, S. N. M., DE SOUZA, S. S., ANDO JUNIOR, O. H. (2018) Review of the energy potencial of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* V.94, pp. 440-455.

MORATO, T., VAEZI, M. E KUMAR A. (2019) Assessment of energy production potential from agricultural residues in Bolivia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* V.102, pp. 14-23.

REIS, L. S. E REIS, R. J. (2017) *Atlas da Biomassa de Minas Gerais.* Rona Gráfica e Editora, 100 p.

SALOMON, K. R. E LORA, E. E. S. (2005) Estimativa de Potencial de Geração de Energia Elétrica para Diferentes Fontes de Biogás no Brasil. *Biomassa & Energia.* V.2, N.1, pp. 57-67.

SCARLAT, N., DALLEMAND, J. F. E FAHL, F. (2018) Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy.* V.129, pp. 457-472.

WELFLE, A. (2017) Balancing growing global bioenergy resource demands – Brazil's biomass potential and the availability of resource for trade. *Biomass and Bioenergy.* V.105, pp. 83-95.

ESTUDO SOBRE O POTENCIAL ENERGÉTICO DA DENSIFICAÇÃO E GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA MADEIREIRA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

William Gouvêa Buratto[1] , Geovanny Broetto Besinella[2], Matheus Vitor Diniz Gueri[3], Camilo Bastos Ribeiro[4], Valdir Noll[5]

[1]Instituto Federal de Santa Catarina– IFSC, Mestrando em Mecatrônica, Florianópolis-SC
[2]Doutorando no Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura pela Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel-PR
[3]Mestre no Programa de Pós Graduação em Bioenergia pela Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel-PR
[4]Mestre no Programa de Pós Graduação em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR
[5]Doutor e Professor no Programa de Pós Graduação em Mecatrônica no IFSC, Florianópolis-SC

Resumo

A biomassa é uma fonte renovável de energia, que pode ser utilizada em diferentes rotas tecnológicas para a geração de energia elétrica. A gaseificação surge como uma tecnologia alternativa para tratamento local dos resíduos de serrarias e madeireiras, uma vez que é um equipamento compacto e permite o reaproveitamento energético dos resíduos. O presente estudo buscou estimar o potencial energético da biomassa residual da indústria madeireira para geração de energia elétrica na região serrana catarinense e avaliar a capacidade de maximização da geração de energia elétrica distribuída em serrarias a partir da aplicação de gaseificadores. A metodologia de pesquisa possui caráter teórico, exploratório e descritivo, onde se utilizaram publicações em base de dados nacionais e internacionais. por meio de estudo bibliográfico. Desse modo, conclui-se que a região apresenta potencial para recuperação energética dos resíduos de madeira, visto que existem grandes volumes para comportar grandes unidades produtoras de pellets florestais na região e que estes depois de produzidos poderiam ser transformados em energia elétrica através do processo de gaseificação.

Palavras-chave. Biomassa residual, coproduto madeireiro, bioenergia.

Introdução

O Brasil está entre os maiores produtores de madeira do mundo, tendo em vista suas dimensões continentais e condições climáticas favoráveis (SEBRAE, 2013). No entanto, a elevada quantidade de resíduos inerentes ao sistema produtivo desse setor, demandam soluções tecnológicas imediatas que busquem uma maior sustentabilidade e rendimento aos investidores. Dentre as tecnologias já estabelecidas no processo de produção de material com alto valor energético a partir de resíduos agrícolas e florestais é verificado a partir da literatura que a peletização corresponde à alternativa de grande relevância ao desenvolvimento no mercado nacional de energia renovável (JACINTO, 2017; PEREIRA, 2014).

A gaseificação surge então como alternativa para tratamento local em serrarias e/ou madeireiras visto que é um equipamento compacto e que permite o reaproveitamento dos resíduos de madeira, gerando energia elétrica, e contribuindo com a oferta e reduzindo o

consumo da concessionária local (CHAVES, 2012). Segundo o PNE (2030) se fosse utilizado o ciclo combinado em conjunto com o processo de gaseificação a geração elétrica seria de aproximadamente 1.050 kwh/tonelada em comparação a 340 kwh/tonelada de biomassa ou combustível inserido no ciclo a vapor com turbinas de condensação e extração.

DING et al., (2018) concluiu que a gaseificação contracorrente em escala piloto de briquetes e pellets alcança estabilidade em horas de operação com concentrações quase constantes de monóxido de carbono e hidrogênio verificando que a concentração de alcatrão é menor que 5 g Nm^{-3} e possibilita sua aplicação na geração de eletricidade.

Verifica-se que a densificação e o tratamento térmico por gaseificação, de acordo com a literatura são técnicas que aprimoram a qualidade da biomassa na produção de energia elétrica distribuída, no presente estudo foi avaliado o potencial energético por meio da avaliação da inserção dos resíduos da indústria madeireira na região serrana catarinense em gaseificadores, sendo que a região é um dos principais polos nacionais na importação e exportação de madeira serrada. (AYYADURAI et al., 2017; SEBRAE, 2013; DIAS, 2012).

Objetivos

Estimar o potencial energético do reaproveitamento da biomassa residual madeireira para geração de energia elétrica na região serrana catarinense.

Avaliar a capacidade de maximização da geração de energia elétrica distribuída em serrarias a partir da aplicação de gaseificadores

Material e Métodos

A metodologia de pesquisa possui caráter teórico, exploratório e descritivo, onde se utilizaram publicações em base de dados nacionais e internacionais. por meio da revisão de literatura e síntese de artigos de periódicos, estudos estatísticos regionais de entidades representantes do setor madeireiro e energético, com bases nacionais e internacionais.

Foram avaliadas previsões futuras do mercado energético representado por gráficos e análise da necessidade energética das indústrias da região.

Resultados e discussão

A biomassa é uma fonte renovável energética, a qual pode utilizar diferentes rotas tecnológica no seu aproveitamento para geração de energia elétrica. No contexto atual a conversão é representa pelo ciclo *Rankine* na produção de vapor, mas também existem tecnologias em desenvolvimento como a gaseificação que permite a geração de gás e outros combustíveis de segunda geração como bioquerosene, biogasolina, biometano etc (CASTAÑEDA, 2017).

De acordo com o Anuário Florestal de 2016 desenvolvido pela ACR (2016), o estado de Santa Catarina possui 660,7 mil hectares de florestas plantadas, sendo representada principalmente pelo plantio de Pinus que estão concentrados principalmente nos municípios de Otacílio Costa, Lages e Santa Cecília na região Serrana, os quais possuem aproximadamente 100.000 hectares.

A Macrorregião da Serra Catarinense possui uma expressiva produção florestal, em particular o reflorestamento de pinus, o qual consolida segmentos madeireiro, moveleiro e de celulose e papel. Segundo estudo setorial, a região possuía 609 empresas no ramo madeireiro em 2011, representando 43% da participação estadual (SEBRAE, 2013). Lages é o maior município em extensão da região e o mais representativo no número de indústrias madeireiras,

sendo que a maioria apresenta de 10 a 19 anos de atividade. De acordo com Oliveira et al., (2013) há aproximadamente 70 milhões de árvores de pinus plantada em Lages sendo a terceira região do mundo em área reflorestada nesta espécie, somente estando atrás de Finlândia e Suécia.

Brand e Hassegawa (2005) estimaram a quantidade de resíduos da indústria madeireira na região e verificaram que os resíduos mais representativos são o cavaco com casca, resíduos de lâmina e serragem. Foram avaliadas serrarias, laminadoras e indústrias de artefatos, painéis e móveis. Perceberam a partir do estudo que as empresas maiores possuem a venda de resíduos comprometida enquanto empresas de pequeno a médio porte por apresentarem variações significativas não possuem relações de fidelidade.

A partir do ano de 2008 foi instalada uma Usina de cogeração pela empresa Tractebel para o aproveitamento térmico e elétrico dos resíduos da indústria madeireira por meio de uma caldeira em ciclo *Rankine*. Este modelo de Usina que é o de turbina de condensação e extração representa reduzida eficiência em comparação à tecnologia de gaseificação em ciclo combinado (GCC), segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) a tecnologia de GCC pode gerar três vezes mais energia com biomassa seca.

De acordo com Lu et al,(2018) o tamanho das partículas possui efeito significativo na composição do gás de síntese e temperatura dentro do reator contracorrente, estes sugeriram utilizar pequenas partículas visto que melhora a qualidade e composição do gás por aumentar as concentrações de hidrogênio e monóxido de carbono por facilitar a difusão dos gases.

A umidade máxima permitida na inserção de biomassa no gaseificador é de 25% para remoção total desta na primeira zona termodinâmica de secagem. A redução desta umidade preliminarmente ocorre em um pré-tratamento para que seja reduzida a umidade a percentuais reduzidos (20%) de modo a aumentar o poder calorífico da biomassa e consequentemente do gás produzido (SALES et al., 2006; SIMIONI e HOEFLICH, 2010).

Desse modo permite-se notar que a vantagem do sistema de gaseificação se justifica principalmente com os resíduos secos e compactados, sendo que na Usina da Tractebel os resíduos são inseridos in natura, ou seja, não apresentam densificação e consequentemente maior capacidade energética por volume. Além disto, é uma tecnologia mais ineficiente e gera menor quantidade de energia elétrica do que no sistema de gaseificação.

A transformação energética de resíduos a partir da gaseificação compreende em aumento de eficiência energética comparado ao ciclo a vapor atualmente aplicado no processo industrial. A gaseificação possui o potencial de manter de 70 a 80% da energia química do material inserido no reator por meio da produção de compostos gasosos que são denominados como gás de síntese (AYYADURAI et al., 2017). A densificação é uma técnica de compactação para elevar a densidade e propicia que materiais de nenhum valor agregado (rejeitos) se tornem um produto combustível com alto valor energético (ROCHA et al., 2015).

De acordo com Dias (2012), unidades remotas de briquetização ou pelletização devem estar próximas de locais com matéria de baixo custo e de preferência próximas ao mercado consumidor energético (calor ou eletricidade). Na produção de pellets, os parâmetros de maior importância são pressão, temperatura, umidade, dimensões da partícula e densidade (JACINTO, 2017). Pereira (2014) realizou a avaliação das propriedades de diferentes pellets de biomassas florestais e agrícolas, foi verificado que os pellets de pinus destaca-se como os de maior poder calorífico útil e menor teor de cinzas e apresenta alto teores de carbono, hidrogênio e lignina devido a constituição lenhosa, sendo responsáveis por potencializar a geração energética. Avaliou-se que a equivalência energética de 1 tonelada de pellet de pinus

corresponde a 512,16 litros de gasolina, 713 m³ de gás natural, 827 litros de etanol hidratado e 466 litros de biodiesel com um poder calorífico de 4700 kcal/kg.

Segundo estudo sobre energia termelétrica da Empresa de Pesquisa energética de 2016 (EPE, 2016), se a tecnologia de gaseificação fosse implementada somente para florestas energéticas (reflorestamentos para uso na geração de energia térmica), o acréscimo em eletricidade gerada com os resíduos deste setor seria de aproximadamente o dobro da expectativa para o ano de 2050, sendo de aproximadamente 120 TWh , em relação ao ciclo a vapor que segundo estimativa geraria em torno de 69 TWh. Apesar de promissor, um dos principais obstáculos para a utilização dessa solução energética é a confiabilidade do processo para atingir uma operação estável.

A eficiência média da produção de pellets com resíduos de madeira é de aproximadamente 98% em biomassas de base seca como a maravalha e serragem de *pinus* (10% de umidade) sendo estimada a perda de massa principalmente pela diferença de umidade de entrada e saída da biomassa inserida na pelletizadora ou briquetadora (MOULIN et al., 2011; QUENO, 2015). Há poucas estimativas do volume de resíduos na indústria madeireira na literatura, verificou-se que o último estudo foi realizado em 2005 realizado por BRAND & HASSEGAWA (2005).

Nakai (2014) que avaliou o potencial energético em gaseificadores de fluxo contracorrente verificou a partir de testes e em conjunto com outras referências que esse modelo de gaseificador pode ser gerado 1 KWh de eletricidade para cada 1 ou 2 kg de biomassa com o poder calorífico em torno de 4 a 6 MJ/N m^{-3} do gás gerado.

O potencial energético com o volume estimado de resíduos da indústria madeireira que foi de aproximadamente 71 mil toneladas por mês em 2005 sendo que as Serrarias representavam aproximadamente 45% deste total. Foi estimado que aproximadamente 15 mil toneladas por mês fossem utilizadas internamente.

Caso toda a biomassa fosse pelletizada haveria aproximadamente 69580 toneladas/mês ou aproximadamente 96 toneladas/hora, a qual poderia ser inserida em gaseificadores com um potencial de 260 MWh, na contabilização de resíduos utilizados internamente o potencial seria de aproximadamente 56 MWh.

Conclusões

Desse modo, conclui-se que a região apresenta potencial para recuperação energética dos resíduos de madeira, visto que existem grandes volumes para comportar grandes unidades produtoras de pellets florestais na região e que estes depois de produzidos poderiam ser transformados em energia elétrica através do processo de gaseificação.

O presente estudo identificou que existe viabilidade na produção de eletricidade em unidades industriais de madeira, uma vez que a matéria prima do processo de produção de energia elétrica utiliza um material considerado um passivo ambiental, consequentemente, elevando seu valor agregado após conversão.

Recomendam-se novas pesquisas estatísticas sobre os resíduos madeireiros da região visto que há um elevado volume e pouca literatura condizente sobre o tema. Tais estudos poderiam evidenciar este potencial da região e ancorar o desenvolvimento socioeconômico da com a geração de empregos internos na produção de equipamentos gaseificadores e na geração descentralizada de eletricidade.

Referências Bibliográficas

Associação Catarinense de Reflorestadoras e Empresas Florestais (ACR). Anuário estatístico de base florestal para o Estado de Santa Catarina.108p.2016

AYYADURAI, S.; SCHOENMAKERS, L.; HERNÁNDEZ, J.J. Mass and energy analysis of a 60 kWth updraft gasifier using large size biomass. Fuel, v. 187, p. 356-366, 2017.

BRAND, M. A.; HASSEGAWA, M. Determinação da quantidade de resíduos madeiráveis gerados nas indústrias madeireiras em um raio de 150 km do município de Otacílio Costa. Lages: Universidade do Planalto Catarinense, 2005. 67 p.

CASTAÑEDA, L.A.C. Projeto e implementação de uma Metodologia Experimental para calcular a velocidade de Chama Laminar na queima de pré misturas de ar/Gás de gaseificaçao de Biomassa. 2017. 138p. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia). Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.

CHAVES, L. I. Microgeração de Energia Elétrica com Gás de Síntese de um Gaseificador Concorrente utilizando Mazilaurus Itaúba. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Cascavel–Paraná, 2012.

DE OLIVEIRA, L. C.; BERTOL, I; CAMPOS, M. L.; JUNIOR, J. M. Erosão Hídrica Em Plantio De Pinus, Em Estrada Florestal E Em Campo Nativo. *FLORESTA*, *44*(2), 239-248.2013.

DIAS, J. D. S., DOS SANTOS, D. T., BRAGA, M., ONOYAMA, M. M., MIRANDA, C. H., BARBOSA, P. F., & ROCHA, J. D. (2012). Produção de briquetes e pellets a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. *Embrapa Agro energia-Documentos (INFOTECA-E)*.

DING, L.; YOSHIKAWA, K.; FUKUHARA, M.; KOWATA, Y.; NAKAMURA, S.; XIN.D.; MUHAN, L. Development of an ultra-small biomass gasification and power generation system: Part 2. Gasification characteristics of carbonized pellets/briquettes in a pilot-scale updraft fixed bed gasifier. Fuel, v. 220, p. 210-219, 2018.

EPE: TOLMASQUIM, M. T. Energia termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2016

Empresa De Pesquisa Energética (EPE). Plano Nacional de Energia 2030–PNE 2030. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2007.

JACINTO, R. C., BRAND, M. A., DA CUNHA, A. B., SOUZA, D. L., DA SILVA, M. V. (2017). Utilização de resíduos da cadeia produtiva do pinhão para a produção de pellets para geração de energia. FLORESTA, v. 47, n. 3, 2017.

LU, D., YOSHIKAWA, K., ISMAIL, T. M., EL-SALAM, M. A. (2018). Assessment of the carbonized woody briquette gasification in an updraft fixed bed gasifier using the Euler-Euler model. Applied energy, v. 220, p. 70-86, 2018.

MOULIN, J.C.; ARRANTES, M.D.C.; GONÇALVES, F.G.; PAES, J. B.; BARAÚNA, E.E.P.; ROSA, R.A. Avaliação energética da maravalha gerada em uma serraria de pequeno porte. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 2, p. 16-22, 2011.

NAKAI, D. K. Avaliação do potencial energético de *Eucalyptus spp*. em gaseificador do tipo contracorrente. 2014. 89 p. Dissertação. (Mestrado em Ciência Mecânicas). Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília (UNB), Brasília/DF.

PEREIRA, B.L.C. Propriedades De Pellets: Biomassas, Aditivos E Tratamento Térmico. 2014. 64p. Doutorado. (Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

QUÉNO, L. R. M. (2015). Produção de pellets de madeira no Brasil: estratégia, custo e risco do investimento. 2015. 162p. Doutorado. (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília (UNB), Brasília/DF.

ROCHA, P. M., BONDI, D. P., LEITE, R. L., NETO, C. M., PINHEIRO, B. C. A. (2015). Geração de energia a partir de briquetes produzidos de pó de serragem de mdf proveniente de uma fábrica de móveis-biomassa. *Humanas Sociais & Aplicadas*, v. 5, n. 13, 2015.

SALES, C. A. V. B., ANDRADE, R.V., LORA, E.E.S. Geração de eletricidade a partir da gaseificação de biomassa. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100067&lng=pt&nrm=abn>. Acesso em: 28 Maio. 2019.

SEBRAE (2013). Santa Catarina em Números: Macrorregião Serra Catarinense. Florianópolis: Sebrae/SC. 139p.

SIMIONI, F.J.; HOEFLICH, V.A. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. *Revista Árvore*, v. 34, n. 6, 2010.

Estudo técnico-econômico da implantação de um sistema de cogeração com biogás em uma fazenda leiteira

Sara Isabel de Melo Resende[1], Flávio Neves Teixeira[2]

[1]*Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, Minas Gerais, Brasil, sara_sidmr@yahoo.com.br*

[2]*Universidade Federal de São João del Rei*

Resumo

O sistema de confinamento da bovinocultura de leite, apesar de ter trazido avanços para o setor e ser importante para a economia do país, tem intensificado os problemas ambientais em função da concentração de resíduos. Cria-se, então, a necessidade de buscar alternativas para solucionar o problema. A geração de biogás a partir de dejetos bovinos se mostra uma alternativa interessante, pois permite o aproveitamento do biogás gerado na fazenda como fonte de energia elétrica e térmica, reduzindo os custos e o impacto ambiental. Dessa forma, este estudo realizado no município de Ritápolis/MG, em uma propriedade com atividades voltadas para bovinocultura de leite com 230 cabeças em regime de confinamento, tem como objetivo avaliar a viabilidade de implementação de um biodigestor tipo Lagoa Coberta e um sistema de cogeração com motor de combustão interna a gás. Conclui-se ser possível gerar diariamente 9.200kg de dejetos e aproximadamente 350m³ de biogás, com 70% de metano, suficiente para acionar dois motores de combustão interna a gás de potência elétrica igual a 35kW cada, ao custo estimado de R$5.900 por kW de potência instalada.

Palavras-chave. Biogás. Energia renovável. Cogeração. Dejeto bovino.

Introdução

Os sistemas intensivos de produção animal, como o confinamento na bovinocultura de leite, são atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente devido à alta produção de dejetos em ambientes restritos geograficamente. Como forma de amenizar este problema, a utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos, que permite agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás e do biofertilizante. A geração de biogás traz aos produtores uma opção de energia renovável de ótimo rendimento, custeando os gastos com energia elétrica e proporcionando energia limpa. Além disso, a biomassa resultante do processo de biodigestão, conhecida como biofertilizante, pode ser utilizada em substituição aos fertilizantes convencionais, proporcionando redução nos gastos de produção, além de contribuir com a sustentabilidade ambiental.

Metodologia

Descrição da propriedade

Para realização deste estudo foram coletados dados da fazenda Campo Alegre, localizada em Ritápolis/MG. O rebanho da fazenda é composto por 230 vacas leiteiras em regime de confinamento, que produzem diariamente, em média, 22,6 litros de leite e 40 kg de esterco por animal. Assim, a produção diária de leite é de 5.198 litros e de dejetos é de 9.200 kg. O consumo médio mensal de energia elétrica é de 12.480kWh, gerando um gasto de aproximadamente R$7.000,00

Capacidade de geração de biogás

A produção estimada diária de dejetos da fazenda é de 9.200kg e, de acordo com Coldebella (2008), a relação da produção de biogás por quilo de dejeto é 0,038 m³/kg. Logo, o volume de biogás ($V_{biogás}$) produzido por dia é dado pela Equação 3.

$$V_{biogás} = \text{Produção de dejetos} \cdot \text{produção}\ \frac{biogás}{dejetos} \quad (3)$$

A concentração de CH_4 no biogás pode variar de 50 a 80% (COLDEBELLA, 2008). Neste estudo considera-se o biogás com 70% de CH_4 e 30% de CO_2. A massa específica do CH_4 e do CO_2 é, respectivamente, 0,72 kg/m³ e 1,96 kg/m³ (SANTOS, 2006). Assim, encontra-se a massa específica ($\rho_{biogás}$) do biogás utilizando a Equação 4. Porém, este valor deve ser ajustado considerando os valores normais de temperatura (0ºC) e pressão (101,33 kPa). Utilizando biogás a 30ºC e 101,33 kPa (TIETZ et al., 2014), obtém-se a massa específica corrigida ($\rho_{corrigida}$) através da Equação 5. Com o volume de biogás e a massa específica corrigida, calcula-se a massa de biogás ($m_{biogás}$) produzida diariamente (Equação 6).

$$\rho_{biogás} = (\rho_{CH_4} \cdot \%\ CH_4) + (\rho_{CO_2} \cdot \%CO_2) \quad (4)$$

$$\rho_{corrigida} = \rho_{biogás} \cdot \left(\frac{P_{biogás}}{P_{CNTP}}\right) \cdot \left(\frac{T_{CNTP}+273.15}{T_{biogás}+273.15}\right) \quad (5)$$

$$m_{biogás} = \rho_{corrigida} \cdot V_{biogás} \quad (6)$$

Por fim, o consumo de biogás ($\dot{m}_{biogás}$), considerando que o sistema opera 24 horas, é calculado pela Equação 7.

$$\dot{m}_{biogás} = \frac{m_{biogás}}{n_{horas} \cdot 3600s} \quad (7)$$

Levantamento dos dados de consumo (modelagem das cargas)

A avaliação energética da fazenda Campo Alegre é realizada considerando dois cenários: i- consumo de energia atual, onde toda a demanda é abastecida por energia elétrica e; ii- produção combinada de energia elétrica e térmica por meio de sistema de cogeração com motor de combustão interna a gás, caldeira de recuperação e chiller de absorção.

O consumo mensal de eletricidade da fazenda é de 12.480 kWh/mês. Admitindo-se que cada sistema trabalha um número de horas diferente por dia e que o mês tem 30 dias, apresenta-se na Tabela 4 a distribuição do consumo de eletricidade no caso de estudo.

Tabela 4. Distribuição de consumo de energia no caso de estudo.

Categoria	Distribuição*	Consumo mensal	Horas trabalhadas	Consumo	Demanda
Resfriamento de leite	24,0%	2.995,2 kWh/mês	24 h/dia	4,2 kW	Frio
Bomba vácuo	13,0%	1.622,4 kWh/mês	6 h/dia	9,0 kW	EE
Iluminação	15,0%	1.872,0 kWh/mês	12 h/dia	5,2 kW	EE
Ventilação	8,0%	998,4 kWh/mês	24 h/dia	1,4 kW	EE
Aquecimento de água	16,0%	1.996,8 kWh/mês	6 h/dia	11,1 kW	Calor
Equipamentos de alimentação	3,0%	374,4 kWh/mês	12 h/dia	1,0 kW	EE
Manuseio dos resíduos	13,0%	1.622,4 kWh/mês	12 h/dia	4,5 kW	EE
Aquecimento ambiente	3,0%	374,4 kWh/mês	12 h/dia	1,0 kW	Calor
Outros	5,0%	624,0 kWh/mês	12 h/dia	1,7 kW	EE

*Fonte: Surbrook e Go (2017)

Reorganizando por tipo, ou seja, energia elétrica (EE), calor de processo e resfriamento, apresenta-se na Tabela 5 os dados de demanda máxima considerados no estudo. Os dados "Sistema Convencional" é soma dos consumidores de energia elétrica (22,8 kW), calor (12,1 kW) e frio (4,2 kW). Os valores "Demandas" são calculados baseados nos valores do "Sistema Convencional" ponderados pelas eficiências dos equipamentos, bem como o "Sistema Cogeração", conforme será mostrado na sequência.

Tabela 5. Potência máxima diária considerada para o caso de estudo.

	Sistema Convencional	Demandas	Sistema de Cogeração
EE	22,8 kW_{elet}	22,8 kW_{elet}	22,8 kW_{elet}
Calor	12,1 kW_{elet}	7,3 kW_{calor}	7,3 kW_{calor}
Frio	4,2 kW_{elet}	9,7 kW_{frio}	13,7 kW_{calor}

Note que, para garantir 12,1 kW_{elet} no sistema convencional, através de resistência elétrica, com eficiência de 60% (SANTOS et al., 2006), são necessários 7,3 kW_{calor} (Equação 8). E para garantir 4,2 kW_{elet} através de sistemas de compressão de vapor, COP de 2,3 (VENTURINI e PIRANI, 2005), necessita-se 9,7 kW_{frio} (Equação 9).

$$\eta_{resist} = \frac{Q_{calor}}{W_{elet}} \tag{6}$$

$$COP_{comp} = \frac{Q_{frio}}{W_{comp}} \tag{7}$$

No caso de sistemas de cogeração, considerou-se a produção de frio através de chillers de absorção. Ou seja, ao invés do sistema consumir eletricidade, consome calor. Assim, para garantir as demandas térmicas são necessários 7,3kW_{calor}, mais a parcela de calor consumida pelo chiller de absorção. Considera-se COP de 0,71 (ROBUR, 2017), para produzir 9,7kW_{frio}, que representa 13,7kW_{calor} (Equação 10), totalizando demanda de 21,0kW_{calor}.

$$COP_{abs} = \frac{Q_{frio}}{Q_{calor,abs}} \quad (10)$$

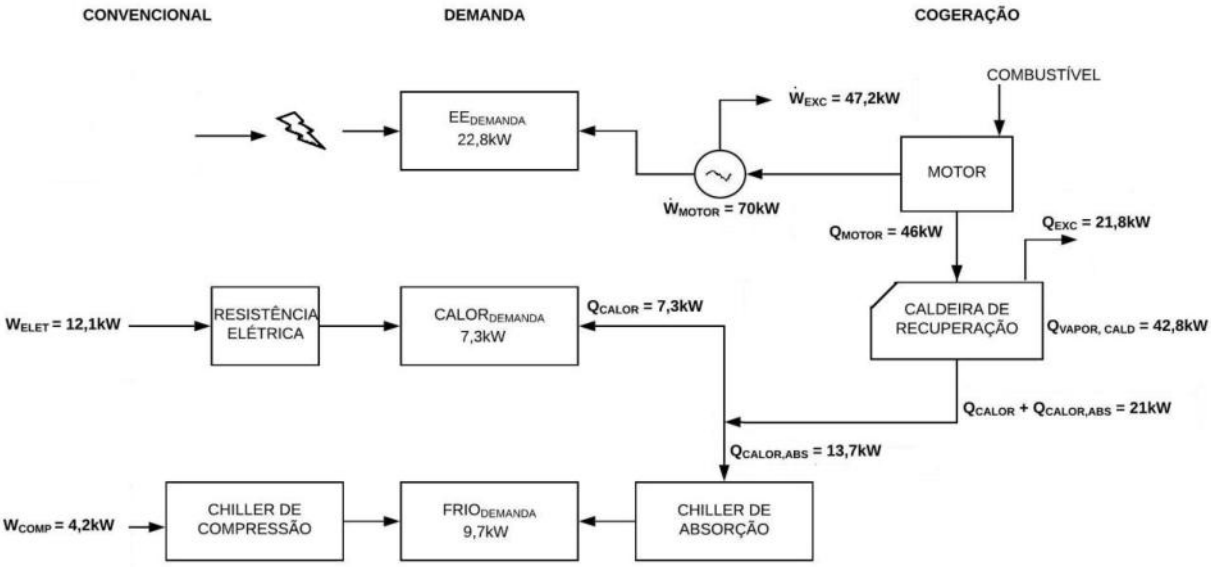
Levantamento dos dados dos equipamentos (modelagem dos motores)

Baseado no nível de demanda da produção de leite na fazenda, optou-se por utilizar dois motores de ciclo Otto adaptado para queima de biogás com consumo específico de 0,21kg/kWh (TEIXEIRA, 1997), potência elétrica igual a 35kW, potência térmica de 23kW e consumo de combustível de 0,002kg/s cada um. Assim, totaliza-se com potência elétrica de 70kW, potência térmica de 46kW e consumo de 0,004kg/s.

A potência térmica do motor considera a energia contida nos gases de exaustão do motor. Para transformar este calor em vapor utiliza-se uma caldeira de recuperação, com eficiência de 93% (SANTOS et al., 2006) (Equação 11). Portanto, o valor da energia útil dos gases de exaustão do motor é 42,8kW e deve atender o total de 21,0kW demandados pelo sistema de absorção e calor de processo. A Figura 2 ilustra a estrutura utilizada no estudo.

$$\eta_{cald,recup} = \frac{Q_{vapor,cald}}{Q_{motor}} \quad (11)$$

Figura 2. Demanda de energia, calor e frio.



Fonte: Autor

Análise econômica

Após calcular o potencial energético da fazenda, seleciona-se um equipamento existente no mercado suficiente para gerar a demanda necessária, para, por fim, analisar a viabilidade de implantação da planta geradora de energia a biogás. Considera-se que o conjunto motor-

gerador da fazenda funciona 24h/dia, durante 365 dias, totalizando 8760h de operação por ano. A avaliação dos custos do sistema é realizada de forma anual e considera os custos de depreciação, os juros sobre o capital e os custos de operação e manutenção.

O fator de recuperação do capital (FRC) é dado pela Equação 12, onde J e n são a taxa de desconto e a vida útil do sistema, respectivamente. O custo anualizado do sistema (CAS) é calculado pela Equação 13, onde CI é o custo do investimento e COM o custo com operação e manutenção. A receita anual gerada (RAE) pela venda do excedente de eletricidade é dada pela Equação 14, onde EED e TVE são, respectivamente, o excedente de energia elétrica diária e a tarifa de venda de eletricidade.

$$FRC = \frac{J \cdot (1+J)^n}{(1+J)^n - 1} \quad (12)$$

$$CAS = (CI \cdot FRC) + (CI \cdot COM) \quad (13)$$

$$RAE = EED \cdot TVE \cdot 365 \quad (14)$$

Assim, o custo operacional anual (COA) é dado pela Equação 15.

$$COA = CAS - RAE \quad (15)$$

A taxa de desconto para financiamento do governo federal no setor agrícola adicionado aos custos administrativos do banco repassador é de 6,5% (BCB, 2019). Para gastos com operação e manutenção (O&M) considera-se 10% do investimento total ao ano (ANEEL, 2018). Devido ao funcionamento a biogás, considera-se 20 anos de vida útil do sistema. De acordo com a Aneel (2018), o custo de implantação de um biodigestor é de R$5.900 por kW. Como o potencial de geração é de 70 kW, chega-se ao investimento de R$ 413.000. O custo com O&M é de R$41.300. Então, o custo anualizado do investimento, considerando os gastos com O&M é de R$78.782.

O excedente diário de energia elétrica calculado é de 1.442,9 kWh, e a tarifa de venda de energia elétrica gerada através de biogás é R$ 0,176 por kWh (ANEEL, 2018). Assim, a receita com a venda do excedente de energia é de R$92.691,90 por ano.

Por meio do sistema convencional, o gasto com energia elétrica da fazenda é de R$ 7.000,00 por mês, ou seja, R$84.000,00 por ano. Sabendo o custo com energia através do sistema convencional é possível realizar uma análise comparativa com o sistema de cogeração. Para isso, realiza-se um fluxo de caixa considerando o custo total do investimento proposto e abatendo a cada ano a economia gerada por ele em relação ao sistema convencional. Através deste fluxo de caixa é possível calcular o valor presente líquido (VPL), o tempo de retorno do investimento e também a taxa interna de retorno (TIR), realizando assim a análise econômica do estudo. Utiliza-se o software Excel como auxílio nesta análise.

Resultados e discussão

A fazenda Campo Alegre possui um rebanho de 230 vacas gerando diariamente 9.200kg de dejetos, que quando depositados em um biodigestor anaeróbico podem produzir

aproximadamente 350m³ de biogás por dia. Esta produção é suficiente para acionar dois motores de combustão interna a gás de potência elétrica igual a 35kW cada, que podem ser utilizados em um sistema de cogeração, com intuito de atender a demanda elétrica e térmica da fazenda.

Através da análise econômica do sistema proposto, conclui-se que o investimento anual mais os custos de O&M representam R$78.782,00 e, em contrapartida, a receita com a venda de eletricidade é de R$92.691,90. Assim, o lucro do sistema é de R$13.909,90 ao ano. Além disso, o custo evitado (valor atual da conta de energia paga para a concessionária) é de R$ 84.000,00. Utilizando estes valores, realiza-se o fluxo de caixa e encontra-se os indicadores econômicos: valor presente líquido de R$1.336.460,00, taxa interna de retorno de 20,7% e tempo de retorno do investimento de 3,5 anos.

Conclusões

Os indicadores de viabilidade econômica apresentaram resultados satisfatórios, portanto, pode ser implantado o sistema de cogeração de energia acionado por um motor de combustão interna a gás, com utilização do biogás gerado na fazenda Campo Alegre.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia da UFSJ por possibilitarem a realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

ANEEL. (2018), Aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuídas, estabelecidas pela Resolução Normativa nº 482/2012. *Cibiogás, Energias Renováveis*.

ANEEL. (2018), Leilão de Geração de Energia nº03/2018, *Agência Nacional de Energia Elétrica*.

BCB. (2019), Histórico das taxas de juros no Brasil, *Banco Central do Brasil*.

COLDEBELLA, A. et al. (2008) Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura; Mestrado em Engenharia Agrícola; UNIOESTE; Informe *Gepec* – Vol. 12, nº2, jul./dez.

ROBUR (2017), Gas absorption chiller For Cooling with low electric energy consumption, Disponível em: www.roburcorp.com. Acesso em setembro de 2017.

SANTOS, A.H.M. et al. (2007), Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. *Itajubá: FUPAI,* 2007. 596 p.

SURBROOK, T.C.; GO, A. S. (2017) Farm Energy Audit Program Development Michigan State University, Department of Biosystems & Agricultural Engineering, and Department of Agricultural Economics, Disponível em: http://farmenergy.canr.msu.edu/. Acesso março 2017.

TEIXEIRA, F. N. (1997). Seleção de ciclos e configurações de sistemas de cogeração. Dissertação (Mestrado) - Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Instituto de Engenharia Mecânica.

TIETZ, C.M. et al. (2014) Influência da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 3, p. 80-96.

VENTURINI, O. J., PIRANI, M. J. (2005). Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial, Centrais elétricas brasileiras, *FUPAI/EFFICIENTIA*, Rio de Janeiro: Eletrobrás.

EVALUATION OF THE PRODUCTS GENERATED FROM PYROLYSIS OF DIFFERENT PEELS (ORANGE, SWEET LIME, MANDARINE AND RANGPUR LIME)

Daniele Perondi[1], Cristian Manera[1], Gabriela Reginato Bassanesi[1], Marcelo Godinho[1] and Ademir José Zattera[1]

[1]*University of Caxias do Sul, Caxias do Sul-RS, Brazil, E mail: dani.perondi@gmail.com*

Abstract

Fruits are widely consumed in the world, mainly because of their nutritional value. Consequently, a significant amount of fruit waste is being generated, particularly the fruit peel. Different ways of reusing these materials have been proposed. Among them, there is the thermochemical conversion, through pyrolysis. In this work, an evaluation of the products generated characteristics from pyrolysis of four peels (orange, sweet lime, mandarine and rangpur lime) was conducted. The results showed that the gas fraction was the product of higher yield (~ 43 %wt). The D-limonene is the main constituent of the liquid fraction obtained. The chars produced had a low specific surface area (between 0.216 and 3.329 m^2/g), indicating the need for a subsequent activation step in order to use this solid as an adsorbent material.

Keywords. Fruit peels. Energy use. Wastes.

1. Introduction

Brazil, whose economy is mainly based on agribusiness, contributes substantially to the generation of waste resulting from production processes (SANTOS et al., 2015).

Fruits are widely consumed in the world, mainly because of their nutritional value. Consequently, a significant amount of fruit waste is being generated, particularly the fruit peel. In the year 2006, between 19.8 and 33 million tons of oranges were processed worldwide in order to produce approximately 2.2 million tons of juice and generate between 8 and 20 million tons of waste (AGUIAR et al., 2008).

Different ways of reusing these materials have been proposed. Bioethanol (BOLUDA-AGUILAR; LÓPEZ-GÓMEZ, 2013), flavonoids (COLL, M D; COLL, L, LAENICNA, 1998), recovery of chemicals (YI et al., 2013), organic fertilizer for soil (GUERRERO et al., 1995) and, animal food (TRIPODO et al., 2004) are some of the alternatives reported in the literature. In addition, the high perishability of the residue, associated to the transport cost, led researchers to investigate the thermochemical conversion as an alternative of these materials (VOLPE et al., 2015).

During the thermochemical conversion, through pyrolysis, the organic matter is decomposed into three fractions: solid (char), liquid (bio-oil) and gaseous. Therefore, the

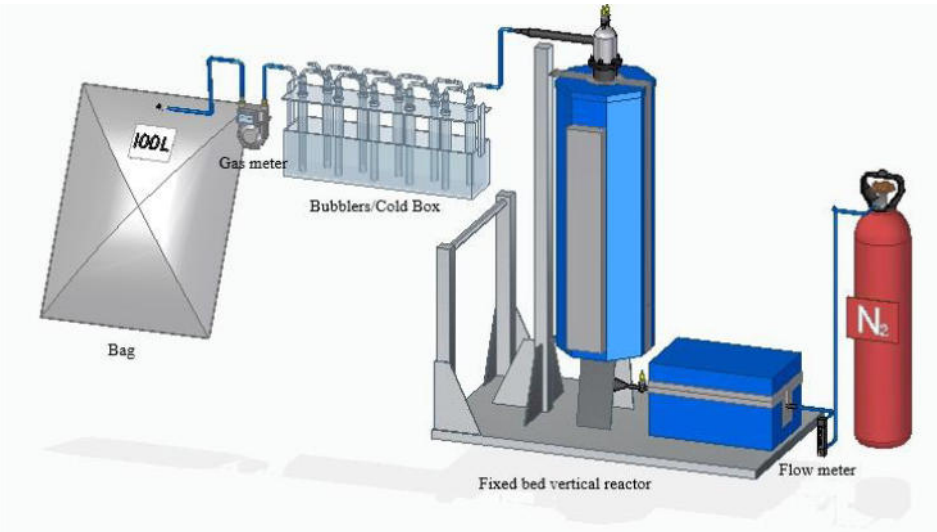
scientific contribution of this work is the evaluation of the products generated from the pyrolysis of different peels (orange, sweet lime, mandarine and rangpur lime).

2. Materials and Methods

The fruits used during the development of this work were harvested in a rural property, located in the city of Dois Lajeados/RS. Initially, they were weighed and then the juice was extracted to obtain the peels (object of the present study). Then, the oven drying step was carried out at a temperature of 80 °C for approximately 48 h. Finally, the peels were comminuted in a knife mill until granulometry of less than 1 mm for later characterization and pyrolysis experiments.

The pyrolysis experiments were conducted in a Sanchis brand fixed bed reactor (Figure 1). The reactor has 885 mm of height and 85 mm of internal diameter. The initial sample mass used in all experiments was approximately 100 g. The inert gas flow rate (N_2) used was 200 $mL.min^{-1}$. The heating of the reactor was carried out by means of two electrical resistances (2500 and 2000 W). A heating rate of 5 $°C.min^{-1}$ until the final temperature of 900 °C was employed. After reaching the final temperature, the reactor remained at this temperature for 15 minutes.

Figure 1. Flowchart of the reactor used in pyrolysis experiments.



The condensation of the pyrolytic oil was carried out according to the procedure described by the European Committee for Standardization, using the standard CEN BT/TF 143. For this, ten bubblers connected in series were used. In each bubbler, 100 mL of isopropyl alcohol was added, except for the first and last ones, which remained empty. The bubblers were placed in a box containing water, ice and salt in order to ensure temperatures below 0 °C. The characterization analysis of the liquid fraction produced was performed in a gas chromatograph coupled to a mass selective detector (Hewlett Packard: 6890/MSD5973).

The analysis of the non-condensable gases (H_2/CO/CH_4/CO_2) was performed in a Gas Chromatograph of the brand Dani Master GC, equipped with a Thermal Conductivity Detector. Samples were collected in bags with a storage capacity of 100 L.

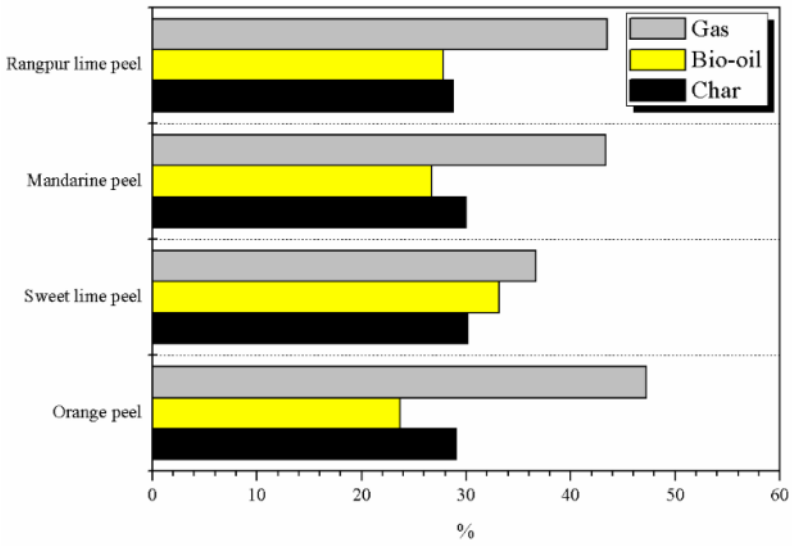
The solid fraction produced (char) was characterized by the analysis of specific surface area. The analyzes were conducted using the Quantachrome Instruments (model 1200e), through the nitrogen adsorption/desorption process at -196 ºC. The samples were initially submitted to a preparation procedure, defined as degassification. The degassification process was conducted under vacuum and at 380 °C for a period of 20 hours.

Fruit peels and chars produced from them were submitted to field emission scanning electron microscopy analyzes. The images were obtained in a microscope model MIRA 3, brand TESC.

3. Results and discussion

In figure 2 are presented the products yields obtained from the peels pyrolysis. The results indicated that the largest fraction generated was non-condensable gas. The high yield obtained from this current for the four biomasses evaluated, can be attributed to the experimental condition used (heating rate of 5 ºC.min^{-1} and final temperature of 900 ºC).

Figure 2. Pyrolysis yields of orange, sweet lime, mandarine and rangpur lime peels.

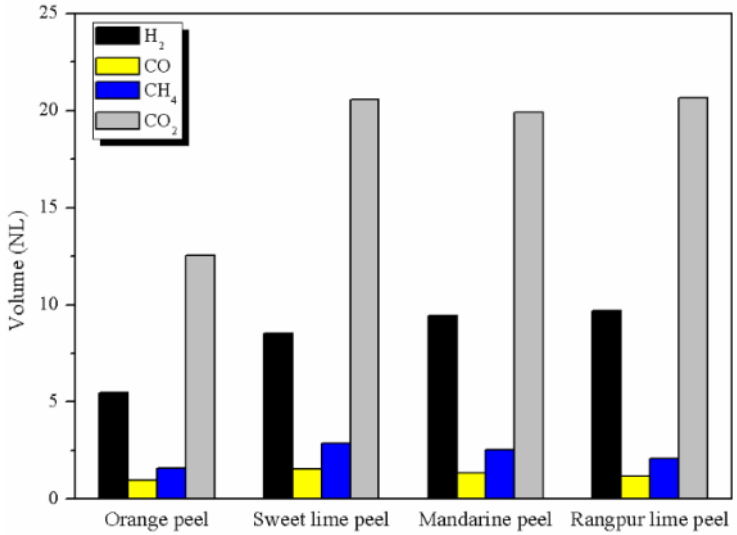


The char yield was approximately 30 %wt. for the four biomasses studied. Similar yields were obtained by (VOLPE et al., 2015). The authors conducted pyrolysis experiments of orange and lemon peel residues under different operating temperatures (200-650 ºC). Several papers in the literature report that pectin thermal decomposition under non-oxidative atmosphere leads to high char yields, around 20–25% at temperatures higher than 600 °C (JAKAB et al., 1995; SHEN; GU; BRIDGWATER, 2010), which explains the yield of char obtained in this study, since one of the components of fruit peels is pectin. Moreover, pectin pyrolysis also leads to high yields of non-condensable gases, such as CO and CO_2 (AZEEZ; MEIER; ODERMATT, 2011).

Figure 3 shows the volume of gases produced from the four experiments conducted. It is possible to observe that the rangpur lime peel was the biomass that produced the largest volume of Hydrogen gas (9.7 NL), followed by mandarine (9.45 NL), sweet lime (8.54 NL)

and orange (5.48 NL), respectively. It is also possible to verify that the sweet lime peel was the biomass that presented the highest volumes of carbon monoxide (1.55 NL) and methane (2.89 NL). With respect to the volume of carbon dioxide produced, it can be inferred that the rangpur lime peel was the highest generation biomass (20.64 NL), followed by sweet lime (20.57 NL), mandarine (19.90 NL) and orange (12.53 NL), respectively. The high volume of CO_2 obtained can be justified by the presence of pectin in the peels. According to (ALVAREZ et al., 2018), the presence of pectin promotes CO_2 formation Additionally, according to (GE et al., 2015), pectin is basically made up of D-galacturonic acid units joined in chains by means of α-(1-4) glycosidic linkage. These uronic acids have carboxyl groups that are removed via decarboxylation reactions during pyrolysis, thereby releasing higher amounts of CO_2 than typical lignocellulosic biomasses, in which hemicellulose is mainly responsible for CO_2 formation (ABURTO et al., 2015; YANG et al., 2007).

Figure 3. Total volume of gases produced from the pyrolysis of orange, sweet lime, mandarine and rangpur lime peel.

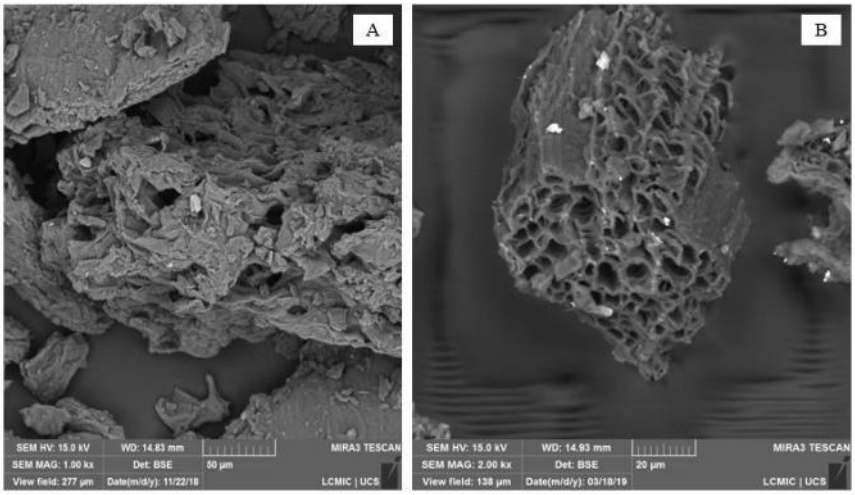


The results of gas chromatography coupled to mass spectrometry indicated that D-limonene is the main constituent of the liquid fraction obtained from the pyrolysis of the four biomasses studied. The participation of this compound was 14.9%, 8.3%, 12.9% and 9.4% for orange, sweet lime, mandarine and rangpur lime, respectively. D-limonene is a terpenic compound that is synthesized as a protective measure against external agents, and it has great commercial importance because of its aroma and its antimicrobial properties (NEGRO et al., 2017). According to (MURALI; KARTHIKEYAN; SARAVANAN, 2013), D-limonene is a compound of great interest for medical applications, because of its anti-tumoral, anti-cancer, anti-obesity and anti-diabetic capacity. Moreover, D-limonene is also used in the cosmetic sector and in aromatherapy because of its fragrance.

Figure 4 (a) shows the electron micrograph of the mandarine peel prior to the pyrolysis step (magnification of 1000 x). Figure 4 (b) shows the electron micrograph of the char obtained from the pyrolysis of mandarine peel (2000 x magnification). It is possible to verify that the

surface of the peel (before the pyrolysis reaction) presents a typical aspect associated with the vegetal structure of the biomass. The presence of pores is not verified. In contrast, some pores are observed on the surface of the char obtained. This indicates that the decomposition reactions led to the production and release of the volatiles, with consequent pore formation. For the other biomasses studied, this behavior was also evidenced.

Figure 4. Micrograph of the mandarin peel. (a) Prior to the pyrolysis step. (b) After the pyrolysis step.



Although the formation of some pores was evidenced, the chars produced presented low specific surface area (0.216, 1.862, 2.675 and 3.329 m^2/g) for the following materials respectively: rangpur lime, sweet lime, orange and mandarine. These values were obtained from the model proposed by Braunauer, Emmet and Teller (BET). The low values indicate the need for a subsequent step of activation (physical or chemical) in order to use this solid as adsorbent material.

Conclusions

Specifically with respect to the pyrolysis reaction, it is possible to emphasize that the non-condensable gas was the product of greater yield for the four peels studied (approximately 42%). The high yield obtained from this current, can be attributed to the experimental condition used (heating rate of 5 ºC.min^{-1} and final temperature of 900 ºC).

Regarding the characteristics of the fractions generated, the predominant compound in the gas fraction was carbon dioxide (CO_2). The high volume of CO_2 obtained can be justified by the presence of pectin in the peels. For the liquid fraction, D-limonene is the major constituent. The presence of pores were observed on the surface of the chars obtained. This indicates that the decomposition reactions led to the production and release of the volatiles, with consequent pore formation. Although the formation of some pores was evidenced, the chars produced presented low specific surface area. The low values indicate the need for a subsequent step of activation (physical or chemical) in order to use this solid as adsorbent material. It is important to highlight that, in order to use the technology proposed in this work

(pyrolysis) and to base a decision-making, additional studies including process feasibility need to be conducted.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the Research Support Foundation of the State of Rio Grande (FAPERGS), for the financial support (TO 18/2551-0000555-0).

References

ABURTO, J. et al. Non-isothermal pyrolysis of pectin: A thermochemical and kinetic approach. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 112, p. 94–104, 2015.

AGUIAR, L. et al. Influence of temperature and particle size on the fixed bed pyrolysis of orange peel residues. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 83, n. 1, p. 124–130, 2008.

ALVAREZ, J. et al. Valorization of citrus wastes by fast pyrolysis in a conical spouted bed reactor. **Fuel**, v. 224, n. March, p. 111–120, 2018.

AZEEZ, A. M.; MEIER, D.; ODERMATT, J. Temperature dependence of fast pyrolysis volatile products from European and African biomasses. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 90, n. 2, p. 81–92, 2011.

BOLUDA-AGUILAR, M.; LÓPEZ-GÓMEZ, A. Production of bioethanol by fermentation of lemon (Citrus limon L.) peel wastes pretreated with steam explosion. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n. 1, p. 188–197, 2013.

COLL, M D; COLL, L, LAENICNA, J. T.-B. F. A. Recovery of flavanones from wastes of industrially processed lemons. **Z.lebensum unters forsh A**, v. 206, p. 404–407, 1998.

GE, S. et al. Pyrolysis study of pectin by tunable synchrotron vacuum ultraviolet photoionization mass spectrometry. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 120, n. 2, p. 1399–1405, 2015.

GUERRERO, C. C. et al. Re-use of industrial orange wastes as organic fertilizers. **Bioresource Technology**, v. 53, n. 1, p. 43–51, 1995.

JAKAB, E. et al. Thermogravimetry/mass spectrometry study of six lignins within the scope of an international round robin test. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 35, n. 2, p. 167–179, 1995.

MURALI, R.; KARTHIKEYAN, A.; SARAVANAN, R. Protective Effects of d-Limonene on Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymes in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology**, v. 112, n. 3, p. 175–181, 2013.

NEGRO, V. et al. Recovery of D-limonene through moderate temperature extraction and pyrolytic products from orange peels. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 92, n. 6, p. 1186–1191, 2017.

SANTOS, C. M. et al. Application of orange peel waste in the production of solid biofuels and biosorbents. **Bioresource Technology**, v. 196, p. 469–479, 2015.

SHEN, D. K.; GU, S.; BRIDGWATER, A. V. Study on the pyrolytic behaviour of xylan-based hemicellulose using TG-FTIR and Py-GC-FTIR. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 87, n. 2, p. 199–206, 2010.

TRIPODO, M. M. et al. Citrus waste recovery: A new environmentally friendly procedure to obtain animal feed. **Bioresource Technology**, v. 91, n. 2, p. 111–115, 2004.

VOLPE, M. et al. Upgrade of citrus waste as a biofuel via slow pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 115, p. 66–76, 2015.

YANG, H. et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. **Fuel**, v. 86, n. 12–13, p. 1781–1788, 2007.

YI, Y. B. et al. Direct conversion of citrus peel waste into hydroxymethylfurfural in ionic liquid by mediation of fluorinated metal catalysts. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 19, n. 2, p. 523–528, 2013.

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM A BIOMASSA GERADA ATRAVÉS DA PODA DAS ARVORES DE MARINGÁ-PR

Fabricio Hernandes de Freitas[1], Vinicius Mateus Silveira Martins[2], Julianno Pizzano Ayoub[3], Luis Henrique Nogueira Marinho[4], Pedro Augusto Arroyo[5]

[1-] *Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, brizola26@hotmail.com*
[2-] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental*
[3-] *Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*
[4-] *Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*
[5-] *Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química*

RESUMO

Esta pesquisa será feita através de coletas mensais da poda das árvores com maior índice de pedidos de corte. Sendo elas: Sibipiruna, Tipuana, Jacarandá Mimoso, Ipê, Ficus, Sete Copas entre outras.Maringá conta com uma empresa terceirizada de corte e destinação desta biomassa, gerando em média 400 toneladas/mês deste resíduo, não contando com os galhos finos e folhas, que são triturados e utilizados nas hortas comunitárias para compostagem.O objetivo deste estudo é apresentar subsídios técnicos e financeiros para a prefeitura avaliar a possibilidade de montar usina termelétrica em Maringá, utilizando para este estudo o ciclo a vapor (Rankine), dando uma destinação ambientalmente correta para a biomassa e gerando energia elétrica com o resíduo que é descartado na pedreira Municipal de Maringá-Pr. Maringá gasta por ano cerca de 6 milhões de reais em licitação para este fim. Uma usina de pequeno porte para geração de energia com a biomassa ficaria em torno de 5 milhões de reais, com uma duração média de 20 anos de operação. Esta usina poderá fornecer energia para cerca de 1000 residências de pequeno porte, com um gasto mensal de 100 Mwh/mês.

Palavras-chave. *Resíduos, Gestão, Energia Elétrica, Biomassa.*

INFLUENCE OF THE DRYING PROCESS OF LIGNOCELLULOSIC RESIDUES FOR METHANE PRODUCTION

Jhenifer Aline Bastos[1], João Henrique Lima Alino[1], Paula Verônica Remor[1], Thiago Edwiges[1]

[1]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná, jbastos.ea@gmail.com*

Abstract

The objective of this work was to evaluate the influence of the drying process of the garden waste samples on methane production and the effect of this process on the alkali pre-treatment. The raw garden waste (RGW) was dried at 50°C during 24 hours and part of the raw sample was kept at room temperature (25°C) for the same time (control). Both samples were submitted to the chemical pretreatment process using NaOH at 5% and 12 hours of contact time. After the pretreatment the samples were washed until neutral pH and the solid fraction was dried at 50°C for 24 hours (the liquid fraction was discarded). The determination of the Biochemical Methane Potential (BMP) was carried out following the guidelines proposed by VDI 4630 (2006), using 18 flasks of 100 mL and the biogas composition was determined by gas chromatography. The results indicated the highest BMP for pretreated substrates PDGW and PRGW (308±10 and 318±20 L_N CH_4 kg SV^{-1}), but the difference between the values was only 3%. The same was observed for the RGW and DGW (260±4 and 268±10 L_N CH_4 kg SV^{-1}), which presented the lowest values and the same percentage of difference between them. The results showed of drying did not significantly interfere with methane production and pretreatment efficiency, i.e., the highest values of BMP were only obtained by the application of an alkaline chemical pretreatment.

Keywords. Pretreatment. Lignin. Biogas.

Introduction

The garden waste stands out as an abundant and renewable raw material for biogas production. The mitigation of the impacts caused to the environment and the energy production are the main advantages of the anaerobic digestion (AD) (TRIOLO et al., 2015). However, biogas production of this type of residue is limited due to the complex structure of the plant, composed of cellulose, hemicellulose and lignin, the latter component being insoluble in water and responsible for providing structure and rigidity, limiting the biodegradability (SHEN et al. al., 2014).

As an alternative to increase the efficiency of biogas production, pre-treatments are applied to improve the enzymatic hydrolysis, reducing the crystallinity, cellulose polymerization level, lignin content and making hemicellulose more accessible to the microorganisms (YU et al.,

2019). The pre-treatments applied are defined as mechanical, thermal, chemical, biological and the combination between them (ZHENG et al., 2014).

The drying process of the substrate ensures homogeneity and reduces the error in the experiment measured by the standard deviation. According to Kreuger et al. (2011), this option should be applied only to samples where the loss of volatile matter can be disregarded or addressed by detailed volatile compound analyzes. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of the drying of the samples of Garden waste on the production of methane and the effect of this process on the alkali chemical pre-treatment with 5% sodium hydroxide (NaOH).

Material e Method

Characterization of the inoculum and substrate

The inoculum was composed of a mixture of cattle manure and digestate from biodigestor treating swine and cattle manure in the ratio of 1:0.5:0.5, respectively, provided by the International Center for Renewable Energies - CIBiogas. The characterization was performed to obtain the content of total solids (TS) and volatile solids (VS) (APHA (2005).

The GW was collected in the green area of the Federal Technological University of Paraná, Medianeira/Brazil, in October 2018. To ensure homogeneity, the particle diameter reduction (<10 mm) was performed by means of a knife grinder.

Drying and pretreatment

To ensure the possible effect of drying process, part of the raw garden waste (RGW) was dried at 50°C for 24 hours and part was kept at room temperature (25°C) for the same time (control 1). In order to evaluate the drying effect on the pretreated samples, 180 mL of the 5% NaOH solution and 20 g of dried garden waste (DGW) and RGW were used, guaranteeing a TS content of 10% mixture (Liu et al., 2015). The blends remained at room temperature (25°C) for 12 hours and after pretreatment the generated effluent was discarded while the pretreated solid fraction was washed using tap water until neutral pH. To ensure homogeneity, the samples after pretreatment were oven dried at 60° C for 12 hours (Table 1).

Table 1. Identification of substrates

Sample	Identification
Raw garden waste	RGW
Dried garden waste	DGW
Pretreated raw garden waste	PRGW
Dried and pretreated garden waste	DPGW

BMP Assay

The determination of the Biochemical Methane Potential (BMP) of the raw, dried, and pretreated samples was performed using the guidelines proposed by VDI 4630 (2006) through 18 glass bottles with capacity for 100 mL. The mass of inoculum and substrate added in the reactor was calculated based on the solids analysis, and the inoculum to substrate ratio (ISR) of 3 was established. Monitoring was performed by daily recording of biogas production until the daily biogas volume was less than 1% of the cumulative volume (VDI 4630, 2006).

The biogas composition was determined by means of gas chromatography (ASTM D1945-14, 2014) in a chromatograph (Perkin Elmer - Clarus 680) with Thermal Conductivity Detector (TCD), Packed column Plot Q, 30 m in length and internal diameter of 0.32 mm, using helium as a drag gas with a flow of 30 mL min^{-1}. The oven temperature ramp was programmed to increase from 32 to 1000°C at a rate of 200°C min^{-1} and a final wait time of 2 min.

Results and discussion

The results indicated that the highest TS was obtained for the DGW substrate (94.2±0.1%) followed by PDGW (92.1±0.0%), PRGW (91.9±0.0%) and RGW (49.5±0.1%). Regarding the VS concentration, PRGW and PDGW presented similar values (87.5±0.0% and 87.4±0.0%), which were both higher than RGW (43.7±0,1%). The same occurred to the TS/VS ratio, in which the substrates PRGW and PDGW were equal, 95.0±0.0% and 95.1±0.1%, respectively, and higher than the RGW (88.5±0,0%) and DGW (89.4±0.0%) (Table 2). According to Zhang et al. (2014) the high ratio indicates a faster hydrolysis in the anaerobic digestion process (Figure 1a).

Table 2. Characterization of the inoculum and substrate

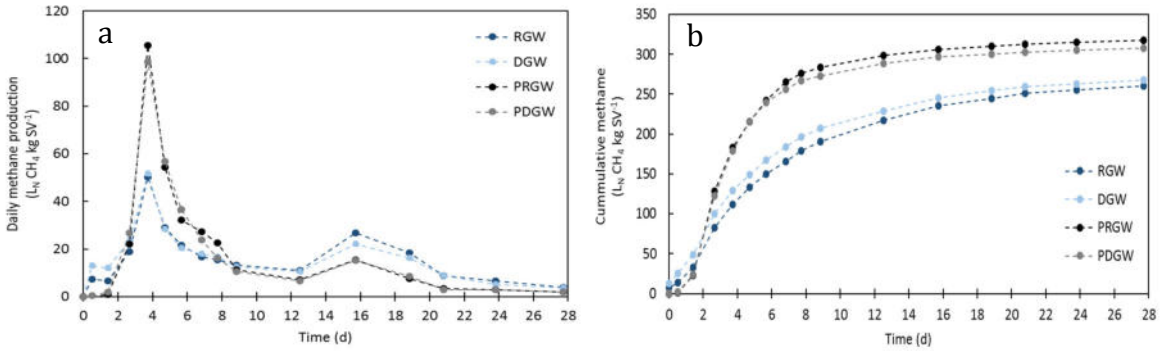
Sample	TS (%)	VS (%)	TS/VS (%)	BMP (L_N CH_4 kg VS^{-1})	CH_4 dried (%)
Inoculum	2,4±0,0	1,7±0,0	68,2±0,2	42±1	60,3±0
RGW	49,5±0,1	43,7±0,1	88,5±0,0	260±4	56,8±0
DGW	94,2±0,1	84,3±0,1	89,4±0,0	268±10	56,9±0
PRGW	91,9±0,0	87,4±0,0	95,1±0,0	318±20	57,2±0
PDGW	92,1±0,0	87,5±0,0	95,0±0,0	308±10	57,0±0

TS: total solids; VS: volatile solids; BMP: biochemical methane potential; L_n: liter normal; kg: kilogram; CH_4: methane; RGW: raw garden waste; DGW: dried garden waste; PRGW: pretreatment raw garden waste and DPGW: dried and pretreated garden waste.

The daily methane production curves showed similar behavior throughout the experiment, with the exception of the pretreated substrates that started methane production on the second day. This delay indicates the removal of other organic materials, which are degraded at the beginning of the AD process by the solid fraction washing process. However, the highest methane production was obtained on the fourth day by PDGW (106 L_N CH_4 kg SV d^{-1}) and PRGW (99 L_N CH_4 kg SV d^{-1}), indicating the influence of alkaline pretreatment on removing inhibitory compounds (i.e lignin) and providing larger surface area of the carbohydrates (cellulose and hemicellulose) for the microorganisms (ZHENG et al., 2014) (Figure 1a).

For the accumulated methane production, the influence of alkaline pre-treatment was also observed. The highest values were obtained by PRGW (318±20 L_N CH_4 $kgSV^{-1}$) and PDGW (308±10 L_N CH_4 $kgSV^{-1}$). However, when evaluating the influence of temperature on pre-treatments, a difference of only 3% was observed, which discards the use of temperature to minimize heterogeneity of results. The same difference was also obtained for the samples without alkaline pre-treatment, with a BMP of 260±4 L_N CH_4 $kgSV^{-1}$ for RGW and 268±10 L_N CH_4 kg SV^{-1} for DGW (Figure 1b). Lower value was found by Fitamo et al (2016) when using GW without alkaline and thermal pretreatment (160 L_N CH_4 kg SV^{-1}).

Figure 1. Daily methane production (a) and cumulative methane (b) of substrates



Conclusion

Drying of garden waste samples did not influence homogenization and error reduction in the experiment. The results showed a difference of 3% between BMP values for both pretreated and unpretreated substrates, i.e. drying did not significantly interfere with methane production and pretreatment efficiency. Thus, the highest values of BMP were only obtained by the application of an alkaline chemical pretreatment and allowed the release of biodegradable compounds (cellulose and hemicellulose) by the break of lignin.

References

APHA - American Public Health Association. (2005). Standart methods for the examination of water and wastewater. *American Water Works Association*. V.21, p. 1368.

EDWIGES, T., FRARE, L., MAYER, B., LINS, L., TRIOLO, J., FLOTATS, X., COSTA, M. (2018) Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste. *Waste Management*. V.18, p. 618–625.

FITAMO, T., BOLDRIN, A., BOE, K., ANGELIDAKI, C., SCHEUTZ, C. (2016) Co-digestion of food and garden waste with mixed sludge from wastewater treatment in continuously stirred tank reactors. *Bioresource Technology*. V.206, p. 245-254.

KREUGER, E., NGES, I.A., BJORNSSON, L. (2011) Ensiling of crops for biogas production: effects on methane yield and total solids determination. Biotechnology for Biofuels. V.4, p. 44.

RODRIGUEZ, C., ALASWAD, A., BENYOUNIS, K.Y., OLABI, A.G. (2017) Pretreatment techniques used in biogás production from grass. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 69, p. 1193 – 1204.

SHEN, S., NGES, I.A., YUN, J., LIU, J. (2014). Pre-treatments for enhanced biochemical methane potential of bamboo waste. *Chermical Engineering Journal*, V.240, p.253-259.

TRIOLO, J. M., PEDERSEN, L., QU, H., SOMMER, S. G. (2012). Biochemical methane potential and anaerobic biodegradability of non-herbaceous and herbaceous phytomass in biogas production. *Bioresource Technology*, V. 125, p. 226–232.

VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. VDI 4630. (2006). Fermentation of organic materials Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. Düsseldorf.

YU, Q., LIU, R., LI, K., MA, R. (2019). A review of crop straw pretreatment methods for biogas production by anaerobic digestion in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 107, p. 51–58.

ZHENG, Y., ZHAO, J., XU, F., LI, Y. (2014) Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. *Progress in Energy and Combustion Science.* p. 1 - 19.

Influência da temperatura e composição de blendas binárias biodiesel/petrodiesel nas suas propriedades reológicas

Túlio Begena Araújo[1], Marcos Augusto Lima Nobre[2]

[1]*Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Departamento de Química e Bioquímica, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, tuliobegena@gmail.com*

[2]*Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Departamento de Física*

Resumo

A fração de biodiesel adicionada ao petrodiesel usado em veículos automotores vem aumentando gradualmente nos últimos anos, tanto no Brasil quanto em muitos outros países. Motivações para essa tendência nas blendas binárias são, entre outras: ambos combustíveis possuem propriedades similares e podem ser usados nos motores de ignição por compressão, o fato de o biodiesel ser proveniente de fontes renováveis e os danos ambientais causados pela queima do petrodiesel. Apesar das similaridades entre o petrodiesel e o diesel, valores de viscosidade desses combustíveis costumam apresentar grande diferença, levando a mudanças sensíveis dessa propriedade em função da composição das blendas. A modelagem do sistema de injeção nos motores é afetada diretamente pela viscosidade do combustível. Diante do exposto até aqui, o estudo de propriedades reológicas de blendas em variadas composições, faz-se crucial para embasar a regulamentação destas com teor mais alto de biodiesel em automóveis, levando em consideração se há ou não necessidade de mudanças nos sistemas de injeção dos seus motores. No presente trabalho, blendas de biodiesel/petrodiesel foram preparadas preenchendo todo intervalo de composição, de 0 a 100% de biodiesel metílico de soja e diesel AS10, a fim de se analisar suas propriedades e as correlacionar com as estruturas moleculares dos compostos. Análise estrutural foi feita através da técnica de espectroscopia vibracional na região do infravermelho por refletância total atenuada. Propriedades reológicas foram medidas usando-se um reômetro com a configuração de cisalhamento por cilindros concêntricos. Um cilindro central customizado e um banho termostático foram usados para obtenção dos dados entre as temperaturas 288,15 K (15 °C) e 313,15 K (40 °C). Modelos tridimensionais dos principais constituintes das blendas foram construídos utilizando-se um software com ferramenta de otimização para enriquecer a discussão sobre a influência dessas estruturas sobre as propriedades de transporte dos líquidos. A análise dos espectros eletromagnéticos na região do infravermelho demonstrou mudanças nas interações moleculares das blendas pelas mudanças na posição da banda característica do biodiesel. As viscosidades das blendas mostraram uma diminuição da viscosidade real em relação à viscosidade esperada em uma faixa de composição específica, independente da temperatura.

Palavras-chave. Biodiesel. Blendas binárias. Viscosidade. Propriedades reológicas. Interações moleculares.

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE PERMANÊNCIA NAS FASES ENDOTÉRMICAS E EXOTÉRMICAS DA CARBONIZAÇÃO NA QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL PARA USO DOMÉSTICO

Djeison Felipe Voos[1], Martha Andreia Brand[2], Julio Peretti da Silva[2], Nayara Bergamo Casagrande[2], Leonardo Kuhn[2]

[1]*Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 88520-000, Lages –SC, Brasil. e-mail (djeii.voos@gmail.com)*

[2]*Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 88520-000, Lages –SC, Brasil.*

Resumo

A produção de carvão vegetal para consumo doméstico é uma prática comum na região sul do Brasil. O controle da temperatura e do tempo de permanência do material durante o processo de carbonização são de fundamental importância para produzir um carvão de boa qualidade. Dessa forma, o estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do carvão vegetal da madeira de bracatinga (Mimosa scabrella Benth.) para uso doméstico, em função do tempo de permanência nas fases endotérmicas e exotérmicas da carbonização. Para tanto foram testadas três rampas com diferenças no tempo de permanência em cada fase de carbonização, e com tempo total de 6 horas e taxa de aquecimento de 1,25 ºC/m. As propriedades determinadas foram a densidade básica da madeira e no carvão a densidade aparente, rendimento gravimétrico, análise imediata e poder calorífico superior. O controle da carbonização por meio das faixas de temperatura em função do tempo, auxiliou em uma melhor interpretação do processo e explicação dos resultados obtidos. O tempo de permanência da madeira nas faixas de temperatura adotadas no processo de carbonização não afetou as propriedades de densidade aparente e rendimento gravimétrico do carvão vegetal. O maior tempo de permanência do material na fase exotérmica do processo de carbonização resultou em um maior teor de carbono fixo (75,77 %) e menor teor de materiais voláteis (23,05 %). O valor médio para o rendimento gravimétrico do carvão vegetal foi de 30,89 %, e para o poder calorífico foi de 7745 Kcal/Kg.

Palavras-chave. *Pirólise. Mimosa scabrella Benth. Rampa de carbonização*.

Introdução

O Brasil se destaca no setor mundial como o maior produtor e consumidor de carvão vegetal (OLIVEIRA *et al.*, 2010; FAO 2016). A produção nacional correspondeu a percentuais que variaram de 10,57 % (2010) à 13,63 % (2014) e consumo de 10,77 % (2010) à 12,75 % (2014) em relação aos valores mundiais (FAO, 2016), apresentando crescimento anual contínuo no período, tanto para a produção como para o consumo.

Na região sul do país, o uso siderúrgico ou energético do carvão na indústria é pouco significativo. Porém, quando se fala em uso doméstico se destaca a sua aplicação para o preparo

do churrasco, tendo em vista que esse alimento tem grande importância cultural para a população dos Estados do Sul (BRAND *et al.*, 2015).

O carvão vegetal é obtido por meio da pirólise da madeira, um processo termoquímico em que a biomassa é termicamente degradada em seus constituintes químicos em uma atmosfera livre de oxigênio (TRIPATHI *et al.*, 2016)

A qualidade final do produto está diretamente relacionada com as características físicas e químicas da madeira, e com a metodologia empregada neste processo de carbonização (RIEGEL *et al.*, 2008). As variáveis de controle na produção do carvão, como a temperatura final e tempo total, e temperatura em função do tempo, são determinantes no rendimento e qualidade final do carvão (TRIPATHI *et al.*, 2016).

A velocidade e temperatura de carbonização afetam o rendimento gravimétrico e as propriedades do carvão vegetal. Sendo assim a análise de diferentes rampas de carbonização possibilita avaliar adequadamente o comportamento da madeira frente a estas variáveis e otimizar o processo de carbonização (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A escolha de espécies arbóreas que forneçam madeira para produção de carvão de boa qualidade é cada vez mais estudada. Uma espécie muito utilizada na produção do carvão vegetal para culinária é a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Sua ocorrência natural varia de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, tem como característica invadir campos, onde geralmente forma associações puras conhecidas como bracatingais, mas sua longevidade é curta, chegando no máximo há 25 anos (CARVALHO, 2002).

Percebendo a dificuldade encontrada por muitos agricultores familiares na otimização do processo de carbonização, e sabendo da importância do carvão vegetal produzido, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do carvão vegetal da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) para uso doméstico, em função do tempo de permanência nas fases endotérmicas e exotérmicas da carbonização.

Material e Métodos

O experimento foi realizado utilizando-se 6 árvores de *Mimosa scabrella* Benth. com idade entre 9 e 10 anos, provenientes de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em estágio de regeneração, situado no município de Lages, localizado no planalto serrano sul do estado de Santa Catarina, cuja latitude é de 27° 48’ 58” S, longitude 50° 19’ 34” W, e altitude de 884 m. O clima regional segundo a classificação de Köppen é temperado Cfb, mesotérmico, sempre úmido e com verões brandos, índice pluviométrico anual médio de 1.483,7 mm e temperatura média anual de 16 °C.

As árvores-amostradas foram coletadas aleatoriamente, das quais discos de 3 cm de espessura foram retirados à 1,30 m de altura da base (DAP). Procedeu-se com a retirada de corpos de prova de cada disco no sentido casca-medula-casca, nas dimensões 2,5 x 3 x 4 cm. Com estes corpos de prova determinou-se a densidade básica da madeira, de acordo com o Método do Máximo Teor de Umidade.

Os mesmos corpos de prova utilizados para determinação da densidade básica foram utilizados para os ensaios de carbonização. O material foi embalado em papel alumínio e carbonizado em forno mufla, conforme as rampas de aquecimento apresentadas na Tabela 1. O tempo total e a temperatura final das rampas não variaram, somente o tempo de permanência do material em cada faixa de temperatura. A temperatura final foi determinada com base na avaliação de processos semi-industriais de produção de carvão vegetal em fornos de alvenaria em Santa Catarina.

Tabela 1. Temperatura e tempo de carbonização em função da rampa de carbonização.

Rampa	Temperatura (°C)					Taxa de aquecimento (°C/min)	Tempo total
	150	200	250	350	450		
1	1 hora	1 hora	1h30 min	1h30 min	1 hora	1,25	6 horas
2	1h30 min	2 horas	1h30 min	30 min	30 min	1,25	6 horas
3	30 min	30 min	1h30 min	1h30 min	2 horas	1,25	6 horas

A avaliação do potencial energético da espécie de *Mimosa scabrella* Benth. foi realizada por meio de análises tanto na madeira como no carvão (Tabela 2).

Tabela 2. Análises realizadas na madeira e carvão vegetal de *Mimosa scabrella* Benth.

ANÁLISE	MATERIAL		METODOLOGIA
	Madeira	Carvão Vegetal	
Teor de Umidade (base úmida)	X	X	NBR 14929 (ABNT, 2003)
Densidade aparente	-	X	NBR 7190 (ABNT, 1997)
Densidade básica	X	-	Método do Máximo Teor de Umidade
Poder calorífico superior	X	X	DIN 51900 (DIN, 2003)
Análise química imediata	X	X	ASTM 1762 (ASTM, 2007)
Rendimento Gravimétrico	-	X	-

Para a obtenção dos dados considerou-se um Delineamento Inteiramente Casualizado, com três tratamentos (rampas de carbonização), sendo 22, 19 e 19 repetições (corpos de prova) para a primeira, segunda e terceira rampa de carbonização, respectivamente. Os dados foram analisados segundo o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a sua normalidade, pelo teste de *Barttlet* para avaliar a homogeneidade de variâncias e posteriormente foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Quando estabelecidas diferenças estatísticas significativas, os tratamentos foram comparados entre si, por meio do teste de comparação de médias Scott-Knott, à 5% de probabilidade.

Além disso, como se desejava verificar a correlação linear somente entre algumas variáveis (densidade aparente do carvão vegetal x rendimento gravimétrico; teor de carbono fixo x teor voláteis; teor de carbono fixo x teor de cinzas; carbono fixo x poder calorífico superior ; teor de voláteis x teor de cinzas; teor de voláteis x poder calorífico; poder calorífico

superior x teor de cinzas) foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r), que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados.

Resultados e Discussão

Avaliação da influência do tempo de permanência nas fases endotérmicas e exotérmicas da carbonização na qualidade do carvão vegetal

É possível dividir os fenômenos da carbonização em quatro fases (faixas teóricas de temperatura). De acordo com esta divisão determinou-se quanto tempo cada rampa permaneceu nas diferentes fases estabelecidas (Tabela 3). Cada faixa de temperatura estabelecida gera um produto diferente, sendo que a temperatura final tem grande influência na qualidade do carvão vegetal (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Considerando que a rampa número 3 foi a que apresentou os melhores resultados relacionados à qualidade do carvão vegetal. A rampa 3 permaneceu 41,6 % do tempo total de carbonização na fase endotérmica (Fases I e II), e 58,3 % na fase exotérmica (Fase III) (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição do tempo total do processo de carbonização em cada fase.

Rampa	I	II		III	
	150 °C	200 °C	250 °C	350° C	450 °C
1	16,7 %	41,7 %		41,7 %	
2	25,0 %	58,3 %		16,6 %	
3	8,3 %	33,3 %		58,3 %	

Qualidade do carvão vegetal em função da aplicação de diferentes rampas de carbonização

A madeira de *Mimosa scabrella* Benth. apresenta uma densidade básica média (Tabela 4), se enquadrando nesta categoria as madeiras com densidade básica entre 0,500 g/cm³ e 0,720 g/cm³. Os valores de densidade básica foram similares aqueles observados por Friederichs *et al.* (2015), de 0,578 g/cm³ para a mesma espécie.

Tabela 4. Valores médios das propriedades físicas da madeira e do carvão de *Mimosa scabrella* Benth.

Rampa	DBM (g/cm³)	DAC (g/cm³)	RG (%)
1	0,552 a	0,285 a	30,99 a
2	0,556 a	0,272 a	30,95 a
3	0,549 a	0,280 a	30,74 a
Média	**0,5525**	**0,2792**	**30,89**
CV (%)	**11,33**	**18,72**	**3,09**

Nota: DBM: densidade básica da madeira; DAC: densidade aparente do carvão; RG: rendimento gravimétrico; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de médias de Scott-Knott.

Observa-se que a densidade básica da madeira não apresentou variação significativa entre as rampas de carbonização. A densidade básica apresentou uma amplitude de 0,0075 g/cm³, o que condiz com o baixo coeficiente de variação encontrado, evidenciando uma menor variabilidade dos dados em relação à média.

Os rendimentos gravimétricos para todas as rampas avaliadas foram estatisticamente iguais e considerados satisfatórios com uma média de 30,89 %, uma vez que o rendimento médio encontrado para carvão vegetal é em torno de 28 a 30 %. A densidade aparente do carvão vegetal apresentou uma correlação positiva moderada com o rendimento gravimétrico (0,513). Já a densidade básica da madeira apresentou uma correlação positiva considerada fraca com o rendimento gravimétrico (0,376).

O poder calorífico superior do carvão foi pouco influenciado pelo tempo de permanência do material em cada fase exotérmica e endotérmica do processo de carbonização, os valores observados variaram entre 7713 e 7774 Kcal/Kg (Tabela 5).

A rampa 3 foi diferente estatisticamente das demais, para teor de materiais voláteis e carbono fixo. A rampa 3 apresentou o menor percentual de teor de materiais voláteis, comportamento este que era esperado. Esta rampa apresenta o maior tempo de permanência do material nas últimas fases de carbonização, ocasionando uma maior degradação dos constituintes da madeira e consequentemente diminuindo o teor de material volátil.

Tabela 5. Valores médios das propriedades energéticas do carvão de *Mimosa scabrella* Benth.

Rampa	PCS (Kcal/Kg)	TMV (%)	TCF (%)	TCZ (%)
1	7749 a	26,59 a	72,30 b	1,11 a
2	7713 a	26,97 a	71,97 b	1,06 a
3	7774 a	23,05 b	75,77 a	1,18 a
Média	**7745**	**25,537**	**73,344**	**1,119**
CV (%)	**2,67**	**12,04**	**4,13**	**22,49**

Nota: PCS: poder calorífico superior; TMV: teor de materiais voláteis, TCF: teor de carbono fixo, TCZ: teor de cinzas; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de médias de Scott-Knott.

A rampa número 3 apresentou o maior percentual de carbono fixo, condizendo com o resultado encontrado para o teor de materiais voláteis, pois a correlação destas duas variáveis é inversamente proporcional. O tempo de permanência da rampa nas fases finais do processo de combustão influenciou os teores de materiais voláteis e carbono fixo, pois a temperatura é o principal parâmetro que regula estes teores (OLIVEIRA, *et al.*, 2010).

O teor de cinzas não foi significativamente influenciado pela rampa de carbonização (Tabela 5). Os valores encontrados para esta variável ficaram abaixo do observado por Oliveira *et al.* (2010), de 1,86 % para a espécie de *Eucalyptus pellita*, e por Friederichs *et al.* (2015) para a mesma espécie (1,64 %).

Outro comportamento esperado e confirmado é a correlação de Pearson negativa muito forte existente entre o teor de carbono fixo e o teor de materiais voláteis, de -0,997. Já a correlação entre o teor de carbono fixo e cinzas foi baixa (0,211), como também entre o carbono

fixo e o poder calorífico superior (0,173). A correlação entre o teor de voláteis e o teor de cinzas (-0,280) e o poder calorífico (-0,180) foram negativas e também baixas. A correlação entre o poder calorífico superior e o teor de cinzas apesar de positiva, também foi baixa (0,145).

Conclusões

O tempo de permanência da madeira nas faixas de temperatura adotadas no processo de carbonização não influenciou as propriedades de densidade aparente e rendimento gravimétrico do carvão vegetal.

O controle da carbonização por meio das faixas de temperatura em função do tempo, auxiliou em uma melhor interpretação do processo e explicação dos resultados obtidos.

A rampa que teve o maior tempo de permanência da madeira na fase exotérmica de carbonização gerou carvão de melhor qualidade. Portanto, ela foi considerada a melhor rampa de carbonização para a produção de carvão vegetal a partir da madeira de *Mimosa scabrella* Benth.com idade em torno de 9 e 10 anos.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, **NBR 14929: Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa.** Rio de Janeiro, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM, **D 1762 – 84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.** West Conshohocken, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7190:1997** Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BRAND, M.A.; ALMADA RODRIGUES, A.; DE OLIVEIRA, A.; SILVEIRA MACHADO, M.; ZEN, L.R. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico comercializado na região serrana sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1165-1173, 2015.

CARVALHO, P. E. R. Bracatinga, **Circular Técnica 59**, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Yearbook of Forest Products – 2010-2014. Rome, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5542m.pdf>. Acessado em: 18.maio.2016.

FRIEDERICHS, G., BRAND, M. A., DE CARVALHO, A. F., KÜSTER, L. C. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **Ciência da Madeira,** v. 6, n. 2, p. 79-87, 2015.

OLIVEIRA, A. C., CARNEIRO, A. D. C. O., VITAL, B. R., ALMEIDA, W., PEREIRA, B. L. C., CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis,** v.38, n.87, p. 431-439, 2010.

RIEGEL, I., MOURA, A. B., MORISSO, F. D. P., MELLO, F. D. S. Análise termogravimétrica da pirólise da acácia-negra (Acacia mearnsii de Wild.) cultivada no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.533-543, 2008.

TRIPATHI, M.; SAHU, J.N.; GANESAN, P. Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews,** v.55, p. 467-481, 2016.

MÉTODOS DE PRÉ- TRATAMENTO EM MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Sabrina Vieira[1], Breno Martins de Deus[2], Matheus Pereira Postigo[3], Eduardo Sydney Bittencourt[4], Luciana de Porto Souza Vandenberghe[5]

[1]*Mestranda- UTFPR, Ponta Grossa, Paraná, savieira015@gmail.com*

[2]*Graduando- UTFPR, Ponta Grossa, Paraná*

[3]*Doutor- UTFPR, Ponta Grossa, Paraná*

[4]*Doutor- UTFPR, Ponta Grossa, Paraná*

[5]*Doutora – UFPR, Curitiba, Paraná*

Resumo

A biomassa lignocelulósica é um dos materiais utilizados para a produção de biogás, porém apresenta uma estrutura complexa formada por lignina, celulose e hemicelulose, sendo necessária a utilização de processos de pré- tratamento para realizar o fracionamento de seus componentes principais e a disponibilização de açúcares fermentescíveis. Na literatura, podemos encontrar diferentes tipos de pré-tratamentos existentes, classificando-se em físicos, químicos e biológicos. Este trabalho teve como objetivo analisar os cinco artigos mais impactantes dos últimos cinco anos, acerca dos métodos de pré-tratamentos utilizados para material lignocelulósico, e posterior produção de biogás.

Palavras-chave. Biogás. Material lignocelulósico. Pré-tratamento.

Introdução

Em 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU (Organização das Nações Unidas) para decidir acerca do futuro do mundo. Dentre as decisões tomadas, estão os "17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável", que constituem uma referência de ações a serem cumpridas até o ano de 2030 visando à construção de um mundo mais justo e sustentável. Um dos objetivos contemplados nesta lista diz respeito à energia limpa e acessível: "assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos", que impõe o desafio do aumento da participação de energias renováveis na matriz energética global. O biogás é um combustível obtido a partir da digestão anaeróbia de matéria orgânica e apresenta-se como uma energia renovável com potencial de crescimento no Brasil para os próximos anos (Ministério de Minas e Energia). A biomassa lignocelulósica é um dos materiais utilizados para a produção de biogás, porém apresenta uma estrutura complexa formada por lignina, celulose e hemicelulose que torna necessária a utilização de processos de pré-tratamento que promovam o fracionamento de seus componentes principais e a disponibilização de açúcares fermentescíveis. Neste contexto, o presente trabalho teve como

objetivo analisar os cinco artigos mais impactantes dos últimos cinco anos, acerca dos métodos de pré-tratamentos utilizados para material lignocelulósico, e posterior produção de biogás.

Material e Métodos

Este trabalho possui caráter exploratório e apresenta uma análise bibliométrica para ampliar o conhecimento da temática em questão, sendo realizada uma revisão sistemática de literatura, de acordo com o Methodi Ordinatio (PAGANI, KOVALESKI, RESENDE, 2015). O método utilizado é uma metodologia multicritério de tomada de decisão (*Multi-Criteria Decision Aid*– MCDA) na seleção de artigos científicos para composição de um portfólio bibliográfico. Foi realizada a busca na base de dados *Science Direct* utilizando as palavras-chave: "*pretreatment*", "*lignocellulosic material*", "*biogas*", com o comando booleano "*AND*" para formar a sentença de busca. Foram selecionados artigos de pesquisa referentes ao intervalo de tempo de cinco anos (2014- 2019). Após a seleção de artigos, através da continuidade da aplicação do Methodi Ordinatio, foi possível elencar os cinco trabalhos mais relevantes relacionados ao tema pesquisado.

Resultados e discussão

Após a realização da busca na base de dados escolhida, houve o total de 16 artigos relacionados com as palavras- chave inseridas. Aplicando o Methodi Ordinatio pode-se classificar os trabalhos por relevância, considerando os fatores: número de citações, fator de impacto da revista em que foi publicado e ano da publicação. Os trabalhos selecionados e os respectivos métodos utilizados são listados na tabela abaixo.

Tabela 1. Tipo de pré- tratamento empregado nos trabalhos selecionados

Título do trabalho	Tipo de pré-tratamento	Journal	Referência
Effect of thermal, acid, alkaline and alkaline- peroxide pretreatments on the biochemical methane potential and kinetics of the anaerobic digestion of wheat straw and sugarcane bagasse	Térmico, ácido, alcalino e peróxido alcalino	Bioresource Technology	BOLADO-RODRÍGUEZ, Silvia et al. (2016)
Enhancing enzymatic hydrolysis and biogas production from rice straw by pretreatment with organic acids	Ácidos orgânicos	Industrial Crops and Products	AMNUAYCHEEW A, P. et al. (2016)
Increased biogas production from wheat straw by chemical pretreatments	Químico	Renewable Energy	MANCINI, Gabriele et al. (2018)
Hydrothermal pretreatment of safflower straw to enhance biogas production	Hidrotérmico	Energy	HASHEMI, S. S.; KARIMI, K; MIRMOHAMADSADEGHI, S. (2019)

Effect of thermal pretreatment on chemical composition, physical structure and biogas production kinetics of wheat straw	Térmico	Journal of Environmental Management	RAJPUT, A. A.; ZESHAN; VISVANATHAN, C. (2018)

Fonte: Autoria própria, 2019.

No trabalho de Bolado-Rodríguez et al.(2016), foram utilizados quatro pré-tratamentos diferentes para ambas as amostras de estudo (palha de trigo e bagaço de cana), e analisadas em fração líquida e sólida. O líquido do pré-tratamento possui liberação de concentração de açúcares, sólidos voláteis e compostos de degradação que podem afetar significativamente a digestão anaeróbica da biomassa pré-tratada. Como resultado desse estudo, para ambos os substratos, houve baixa liberação de açúcares em todos os casos, exceto para líquidos de pré-tratamento de ácido diluído. Esta liberação elevada de sólidos voláteis pode estar relacionada com o efeito deste pré-tratamento em alterar a estrutura da lignina, que quando é alterada possibilita a quebra dos açúcares complexos de celulose e hemicelulose em açúcares simples e os tornam acessíveis aos microrganismos. Foram realizadas análises na fração sólida, e para o pré-tratamento térmico os dois substratos apresentaram resultados inferiores ao do teste em fração líquida, o que se deve ao fato da solubilização dos sólidos voláteis no líquido. A condição de pré-tratamento com ácido diluído apresentou atividade metanogênica, porém baixa. Para pré- tratamento alcalino diluído foi obtido o maior rendimento de metano, e no pré- tratamento alcalino peróxido há a produção do gás, porém com um estágio de atraso entre o 7° e 20° dia da digestão, e após esse tempo ela reinicia.

No estudo de Amnuaycheewa et al. (2016), em palha de arroz foram utilizados três parâmetros com ácidos orgânicos: acético ($C_2H_4O_2$), cítrico ($C_6H_8O_7$), oxálico ($C_2H_2O_4$), e ácido clorídrico (HCl), este utilizado como ácido inorgânico para fazer um comparativo com os ácidos orgânicos. As alterações estruturais na amostra foram analisadas por FTIR (espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier), e os resultados mostraram que a lignina foi significativamente removida durante o pré- tratamento. As amostras foram tratadas conforme a metodologia de superfície de resposta (RSM) aplicada no estudo, e seguiram para hidrólise enzimática. A eficiência do pré-tratamento de cada condição experimental foi avaliada com base no grau de sacarificação das palhas de arroz pré-tratadas usando misturas de enzimas celulase. O pré-tratamento com ácido oxálico apresentou o rendimento mais elevado de açúcar, seguido por ácido clorídrico, ácido acético e ácido cítrico. Neste estudo, podem-se observar as potenciais aplicações de ácidos orgânicos como pré- tratamento para aumentar a eficiência de sacarificação da celulase. Foi avaliado também o potencial de produção de biogás a partir da biomassa lignocelulósica pré- tratada, e os rendimentos obtidos a partir das amostras de ácido orgânico pré-tratadas foram superiores aos com o tratamento com ácido inorgânico. A partir da análise FTIR, concluiu-se que os ácidos orgânicos têm um bom potencial para remover compostos inibidores de lignina e de modificação da estrutura celulósica para maior susceptibilidade à degradação enzimática.

Esses ácidos orgânicos podem ser obtidos de fontes renováveis, tornando o processo mais sustentável.

No estudo de Mancini et al.(2018) foi investigado o efeito de três métodos de pré-tratamento químico em palha de trigo para produção de biogás: solvente orgânico N-metilmorfolina N-óxido (NMMO) a 120°C durante 3h, método organosolv, com etanol como o solvente orgânico a 180°C durante 1h, e pré-tratamento alcalino com NaOH a 30°C durante 24h. Todos os pré-tratamentos foram eficazes no aumento do rendimento de produção de biogás de palha de trigo. Houve aumento de 11% (em relação à matéria-prima não tratada) pelo tratamento prévio de NMMO e 15% sobre o pré-tratamento alcalino e organosolv. O pré-tratamento alcalino foi o mais eficaz na remoção da fração de lignina.

No trabalho realizado por Hashemi, Karimi e Mirmohamadsadeghi (2019) investigou-se o tratamento hidrotérmico em palha de cártamo, em condições de 120, 150, e 180°C durante 1, 2, e 5 horas, respectivamente. O pré-tratamento resultou num sólido contendo principalmente celulose, e um líquido contendo monômeros de hemicelulose. O rendimento mais elevado na fração sólida foi obtido nas condições de pré-tratamento de 120°C durante 1h e mostrou melhoria de produção de biogás em 98,5%, comparando com a palha não tratada. Os inibidores mais importantes produzidos no pré-tratamento hidrotérmico são furfural, 5-hidroximetilfurfural (HMF) e ácido acético. Neste estudo foi relatado que no pré-tratamento a 180°C, baixas concentrações destes inibidores foram produzidas (não excedendo os valores admitidos para a digestão anaeróbica). Utilizando análise FTIR, foi possível constatar que houve alteração do índice de cristalinidade da amostra, que passou de celulose cristalina para amorfa, o que demonstra um material mais acessível e degradável para celulases e microrganismos.

Rajput, Zeshan e Visvanathan (2018) analisaram o efeito de pré-tratamento térmico sobre a digestão anaeróbica de palha de trigo. Foram utilizadas temperaturas de pré-tratamento de 120, 140, 160 e 180°C e os resultados foram comparados com palha de trigo não tratadas. Elevada produção de biogás e redução de sólidos voláteis foi observada na temperatura de pré-tratamento de 180°C, em comparação com controle não tratado. Observou-se uma redução considerável em hemicelulose e lignina devido ao pré-tratamento térmico, que também contribui para uma maior produção de biogás.

O tratamento térmico apresentado no estudo de Bolado-Rodríguez et al.(2016) teve resultados positivos na produção de biogás, o estudo de Hashemi, Karimi e Mirmohamadsadeghi (2019) e de Rajput, Zeshan e Visvanathan (2018) mostrou resultados semelhantes acerca da produção de biogás nas condições de 180ºC, isso se dá possivelmente pela diminuição de formação de compostos inibidores da fermentação anaeróbica. Nos tratamentos ácidos apresentados, houve a detecção de presença de HMF e furfural (Bolado-Rodríguez et al., 2016), o que acarretou resultados negativos relativos à produção de metano, visto que estes são alguns dos principais compostos inibidores da digestão anaeróbica. Já no trabalho realizado por Amnuaycheewa et al. (2016), os ácidos orgânicos utilizados apresentaram-se eficientes na quebra da estrutura lignocelulósica, preparando a biomassa para a hidrólise enzimática e melhorando a produção de biogás; ressalta-se a utilização de um

delineamento experimental nesse estudo, analisando previamente os parâmetros do pré-tratamento (temperatura, tempo e concentração dos ácidos). O tratamento alcalino no estudo de Bolado-Rodríguez et al.(2016) teve a obtenção de maiores rendimentos de metano, quando realizado o teste em fração sólida. Para Mancini et al.(2018) o pré- tratamento alcalino foi o mais eficaz na remoção de lignina. No estudo de Bolado-Rodríguez et al.(2016) também foi analisado o pré- tratamento peróxido alcalino, que mostrou uma baixa produção de metano nos dias iniciais, devido à presença de produtos químicos residuais desse pré- tratamento.

Por não ocorrer adição de produtos químicos, os pré-tratamentos hidrotérmicos evitam problemas de corrosão em equipamentos e diminuem a formação de compostos tóxicos. Também possuem a vantagem da menor necessidade de produtos químicos para a neutralização dos hidrolisados produzidos, e menor quantidade de resíduos gerados, comparando com outros processos. O pré- tratamento com ácido tem como vantagem o seu baixo custo, porém é corrosivo e gera compostos tóxicos. O pré-tratamento alcalino é utilizado para materiais com um maior teor de lignina e leva o uso de bases de sódio, potássio, cálcio e amônia.

Conclusões

A partir do levantamento de estudos realizados sobre a temática de pesquisa, pode-se concluir que os pré- tratamentos térmicos e químicos foram os mais utilizados na faixa temporal selecionada. Destaca-se a ausência de trabalhos utilizando pré- tratamentos biológicos para a produção de biogás, o que representa a possibilidade de uma área promissora para pesquisas na atualidade. Os estudos analisados apresentaram resultados positivos na melhoria de produção de metano, reforçando assim a necessidade e eficiência de pré- tratamentos para os materiais lignocelulósicos visando à produção de biocombustível gasoso.

Referências

AMNUAYCHEEWA, P. et al. Enhancing enzymatic hydrolysis and biogas production from rice straw by pretreatment with organic acids. *Industrial Crops and Products*, v. 87, p. 247–254, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016302990>. Acesso em: 06 maio 2019.

BOLADO-RODRÍGUEZ, Silvia et al. Effect of thermal, acid, alkaline and alkaline-peroxide pretreatments on the biochemical methane potential and kinetics of the anaerobic digestion of wheat straw and sugarcane bagasse. *Bioresource Technology*, v. 201, p. 182–190, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852415015801>. Acesso em: 06 maio 2019.

Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. *ONU Brasil*, 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em: 02 de maio2019.

HASHEMI, S. S.; KARIMI, K; MIRMOHAMADSADEGHI, S. Hydrothermal pretreatment of safflower straw to enhance biogas production. *Energy*, v. 172, p. 545–554, 2019. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219301653>. Acesso em: 06 maio 2019.

MANCINI, Gabriele et al. Increased biogas production from wheat straw by chemical pretreatments. *Renewable Energy*, v. 119, p. 608–614, 2018. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117312491>. Acesso em: 06 maio 2019.

Matriz Energética Nacional 2030 / Ministério de Minas Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. *Brasília:MME: EPE*, 2007. p. 254: il. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energetica-nacional-2030> Acesso em: 06 maio 2019.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, [s.l.], v. 105, n. 3, p.2109-2135, 12 set. 2015. Springer Nature. http://dx.doi.org/10. 1007/s11192-015-1744-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-015-1744-x>. Acesso em: 02 maio 2019.

RAJPUT, A. A.; ZESHAN; VISVANATHAN, C. Effect of thermal pretreatment on chemical composition, physical structure and biogas production kinetics of wheat straw. *Journal of Environmental Management*, v. 221, p. 45–52, 2018. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718305309>. Acesso em: 06 maio 2019.

NORMALIZAÇÃO PARA CARACTERIZAÇÃO DE BIOMASSAS SÓLIDAS COM FINALIDADE ENERGÉTICA

Ligia A. A. Alves de Souza[1], Carina B. F. Braga. [2]

1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo[1], lalmagro@ipt.br.

2. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo[1]

Resumo

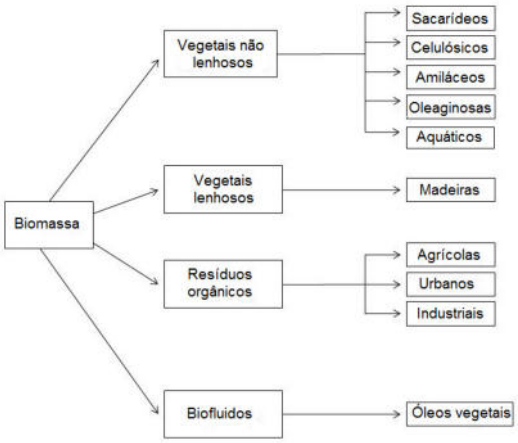
A instabilidade nos preços do petróleo, a ameaça de escassez, bem como a preocupação com as mudanças climáticas, motivam a busca por fontes de energia consideradas mais limpas. O Brasil, por suas condições climáticas e extensão territorial, reúne inúmeras vantagens que o tornam capaz de atuar como líder no mercado mundial de produtos agrícolas, agroindustriais e silviculturas, em particular aqueles dedicados a energia. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das normas existentes para a caracterização da biomassa sólida utilizada com finalidade energética, visando atender o mercado nacional e internacional. O levantamento realizado demonstrou que existe carência de normalização para ensaios em biomassa sólida e seus produtos no Brasil.

Palavras-chave. Biomassa. Métodos de ensaio. Normalização. Especificações.

Introdução

Atualmente, a energia da biomassa é responsável por aproximadamente 10% do fornecimento mundial de energia, sendo que dois terços são gerados em países em desenvolvimento (WELFLE, 2017). As biomassas são provenientes de diferentes fontes, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 - Fontes de biomassa



Fonte: Adaptado de MME, 1982 apud CORTEZ et al., 2008

Devido às várias fontes de biomassa e suas diferentes propriedades químicas e físico-químicas, torna-se necessário estabelecer a qualidade destes produtos, pois as tecnologias de conversão da biomassa sólida em energia são mais eficientes quanto mais definidas e conhecidas são estas propriedades. Estas informações também são importantes para projeto de equipamentos e controle de emissões e de corrosão, visando garantir as necessidades dos consumidores e de fabricantes de equipamentos utilizados nos processos de transformação da biomassa em energia.

Este trabalho tem como objetivo apresentar especificações internacionais para a biomassa sólida e seus produtos, bem como realizar levantamento das normas nacionais e internacionais para caracterização da biomassa sólida e seus produtos.

Material e Métodos

O artigo está pautado em revisão bibliográfica de normas técnicas aplicadas a biomassa.

Revisão Bibliográfica

A necessidade do atendimento da demanda interna e de importação levou a Comunidade Europeia a desenvolver normas para os biocombustíveis sólidos. Este processo se iniciou em 1998 pelo Comitê Técnico TC 335 "Biocombustíveis Sólidos" preparou 30 normas nos seguintes campos:

- Terminologia e definições - a norma BS EN ISO 16559 apresenta definições para termos utilizados na produção, utilização e análises de biocombustíveis sólidos.

- Classes, especificações de biocombustíveis sólidos e qualidade – a norma BS EN ISO 17225-1 abrange especificações e classes e está dividida em sete partes:

- Parte 1 – Requisitos Gerais;

- Parte 2 - Pellets de madeira;

- Parte 3 - Briquetes de madeira;

- Parte 4 - Chips de madeira;

- Parte 5 - Madeira para aquecimento;

- Parte 6 - Pellets produzidos por outros materiais, exceto madeira;

- Parte 7 - Briquetes produzidos por outros materiais, exceto madeira;

- Amostragem– a norma EN 14780 apresenta planos de amostragem para biocombustíveis sólidos;

- Propriedades físicas, mecânicas e químicas.

O Quadro 1 relaciona os métodos de ensaio já desenvolvidos pelo Comitê Técnico TC 335.

Quadro 1- Métodos de ensaio europeus para biocombustíveis sólidos

Propriedade	Norma
Poder calorífico	BS EN 18125
Densidade aparente	BS EN ISO 17828
Umidade	BS EN ISO 18134, parte 2
Matéria volátil	BS EN ISO 18123
Cinzas	BS EN ISO 18122
Carbono, hidrogênio e nitrogênio	BS EN ISO 16948
Enxofre e cloro	BS EN ISO 15289
Conteúdo solúvel em água de cloro, sódio e potássio	BS EN ISO 16995
Alumínio, cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, silício, sódio e titânio	BS EN ISO 16967
Arsênio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, mercúrio, manganês, molibdênio, níquel, chumbo, antimônio, selênio, estanho, vanádio e zinco	BS EN ISO 16968
Tamanho de partícula	BS EN ISO 17830
Distribuição de partículas	BS EN ISO 17827 partes 1 e 2
Durabilidade mecânica de pellets e briquetes	BS EN ISO 17831partes 1 e 2

Fonte: CEN; elaborado pelo autor

Além das normas europeias também estão disponíveis normas americanas (ASTM) para caracterização da biomassa. Porém, diferente das normas europeias que englobam madeira e biomassa, as normas americanas, em alguns casos, diferem essas matrizes estabelecendo normas especificas para cada um dos materiais. O Quadro 2 apresenta os métodos americanos de ensaio para os biocombustíveis sólidos (madeira e biomassa).

Quadro 2 – Métodos americanos de ensaio para biocombustíveis sólido

Propriedade	Norma	
	Biomassa	Madeira
Umidade	ASTM E1756	ASTM E871
Cinzas	ASTM E1755	ASTM D1102
Matérias voláteis	ASTM D1762	-
Preparação de amostra	ASTM E1757	-
Densidade aparente	ASTM E873	-

Fonte: ASTM ; Elaborado pelo autor

No Brasil, existem poucas normas estabelecendo métodos de ensaio específicos para biomassa, conforme evidenciado no Quadro 3. Como alternativa, eram utilizadas normas aplicadas a carvão vegetal. Porém, algumas dessas normas foram canceladas, sem substituição, incluindo as normas relativas à análise imediata e poder calorífico. É preciso ressaltar que algumas biomassas existentes no Brasil não são consideradas nas normas europeias e americanas, como, por exemplo, o bagaço de cana-de-açúcar que é um dos principais resíduos de biomassa gerados no país e que possui constituição heterogênea e fibrosa, muito diferente de outros materiais.

Quadro 3 – Métodos de ensaio brasileiros

Propriedades	Material	Norma
Umidade	Madeira	ABNT NBR 14929
Enxofre total	Carvão vegetal	ABNT NBR 11377
Índice de quebra e abrasão	Carvão vegetal	ABNT NBR 8740
Granulometria	Carvão vegetal	ABNT NBR 7402
Caracterização química	Bagaço de cana-de-açúcar	ABNT NBR 16550

Fonte: ABNT; elaborado pelo autor

O estabelecimento de especificações técnicas para os principais biocombustíveis sólidos e seus produtos utilizados para a geração de energia no Brasil, permitirá estabelecer parâmetros físico-químicos que atenderão ao consumo interno e facilitarão sua comercialização no mercado internacional. Do mesmo modo, os métodos de ensaio para estes biocombustíveis deverão ser elaborados alinhados aos métodos internacionais.

Conclusão

A correta caracterização da biomassa sólida é necessária para sua adequada utilização, fornecendo informações sobre suas propriedades, proporcionando um melhor aproveitamento nos processos de conversão.

A revisão bibliográfica realizada demonstra que a União Europeia desponta no que se refere à normalização dos ensaios para biomassa e evidencia a carência de metodologias aplicadas para os biocombustíveis sólidos disponíveis no Brasil, como o bagaço de cana, permitindo seu melhor aproveitamento nos diversos processos de conversão.

Referências Bibliográficas

ABNT NBR 7402, "Carvão vegetal – Determinação granulométrica – Método de ensaio" (1982), Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil.

ABNT NBR 8740, "Carvão vegetal - Determinação do índice de quebra e abrasão – Método de ensaio" (1985), Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil.

ABNT NBR 11377, "Carvão vegetal - Determinação de enxofre total por combustão - Método do iodato - Método de ensaio" (1990), Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil.

ABNT NBR 14929, "Madeira – Determinação do teor de umidade de cavacos – Método por secagem em estufa" (2017), Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil.

ABNT NBR 16550 – "Bagaço de cana de açúcar – Caracterização química" (2018), Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, Brasil.

ALAKANGAS, E. et al. CEN - technical specification for solid biofuels- Fuel specification and classes. Biomass and Bioenergy v.30, p.908-914, ago.2006

ASTM D 1102, "Standard Test Method for Ash in Wood" (2013) American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D1762, "Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal" (2013), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E873, "Standard Test Method for Bulk Density of Densified Particulate Biomass Fuels" (2019), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E1755, "Standard Test Method for Ash in Biomass" (2015), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E1756, "Standard Test Method for Determination of Total Solids in Biomass" (2015), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E1757, "Standard Practice for Preparation of Biomass for Compositional Analysis" (2015), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA, 2003.

ASTM E871, "Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels"(2013), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, USA.

CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S; GÓMEZ, E.G. (org). "Biomassa para energia". Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2008, 732p.

BS EN ISO 14780, "Solid biofuels – Sample preparation" (2017), European Standard.

BS EN 15289, "Determination of total content of sulfur and chlorine" (2011), European Standard.

BS EN ISO16559, "Solid biofuels. Terminology, definitions and descriptions" (2014), European Standard.

BS EN ISO 16948, "Solid biofuels - Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen" (2015), European Standard.

BS EN ISO 16995, "Determination of the water soluble chloride, sodium and potassium content" (2015), European Standard.

BS EN ISO 16967, "Determination of major elements - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na and Ti" (2015), European Standard.

BS EN ISO 16968, “Solid biofuels - Determination of minor elements” (2015), European Standard.

BS EN ISO 17225-1, “Solid biofuels. Fuels specifications and classes. General requirements (2014). European Standard.

BS EN ISO 17827, “Solid biofuels - Determination of bulk density” (2016), European Standard.

BS EN ISO 17828, “Solid biofuels - Determination of particle size distribution for uncompressed fuels” (2016), European Standard.

BS EN ISO 17830, “Solid biofuels - Particle size distribution of disintegrated pellets” (2016), European Standard.

BS EN ISO 17831, partes 1 e 2 , “Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes” (2015-2016), European Standard.

BS EN ISO 18122, “Solid biofuels. Determination of ash content” (2015), European Standard.

BS EN ISO 18123, “Solid biofuels. Determination of the content of volatile matter” (2015), European Standard.

BS EN ISO 18125, “Solid biofuels- Determination of calorific value” (2017), European Standard.

BS EN ISO 18134, parte 2, “Solid biofuels. Determination of moisture content. Oven dry method. Total moisture. Simplified method” (2017), European Standard.

WELFLE, A. Balancing growing global bioenergy resource demands - Brazil´s biomass potential and the availability of resource for trade. Biomass and Bioenergy, v. 105, p.83-95. 2017.

O BIODIGESTOR COMO TECNOLOGIA SOCIAL:

Um estudo de caso na comunidade rural do Cabeço, localizada no município de Jandaíra/RN

Francisco Ismael de Souza [1], Sâmya Lorena de Medeiros Confessor[2], Gilmara Freire Azevedo[2] e Stella Regina Rodrigues de Medeiros[2]

[1]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), e-mail: isamelpotiguara@gmail.com*

[2]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)*

[2]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)*

[2]*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)*

Resumo

O biodigestor é uma tecnologia que têm como características o baixo custo de implantação, manutenção e de fácil replicação, além de ser eficiente na reutilização de matéria orgânica. Essa tecnologia contribui na utilização dos recursos naturais de forma sustentável, trazendo maior dignidade e qualidade de vida a famílias de baixa renda, além de contribuir de forma direta na preservação do meio ambiente. A pesquisa adotou como método o estudo de abordagem qualitativa, sendo desenvolvida nos moldes de um estudo de caso, tendo como uma das fontes de dados a aplicação de um questionário com perguntas abertas. Foi avaliado a implantação da tecnologia de produção do biogás na localidade rural do Cabeço, no município de Jandaíra/RN, reconhecendo-a como exemplo de tecnologia social. O biodigestor mostrou-se eficiente no cumprimento de sua principal função, chegando a suprir toda a demanda de gás da família no primeiro momento, fato que a torna uma experiência exitosa.

Palavras-chave: Biodigestor. Biogás. Biomassa. Tecnologia Social.

Introdução

Nas últimas décadas tem-se observado uma mudança significativa no pensamento coletivo da população no que diz respeito ao uso dos recursos naturais. À frente da possibilidade de esgotamentos desses recursos, surgiu a necessidade de fortalecer estratégias de preservação do meio ambiente, sendo uma delas o incentivo às energias renováveis. Além disto, há um consenso quanto a necessidade de se desenvolver novas tecnologias de baixo custo para a utilização dos recursos naturais de forma sustentável, sendo acessível à população de baixa renda e que estas não venham a gerar tantos impactos negativos ao homem e ao meio ambiente. Nesse cenário, o Brasil através do Acordo de Paris (2015), comprometeu-se em alcançar uma

participação estimada de 45% na matriz energética composta por fontes renováveis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% (abaixo dos níveis de 2005) em 2030 (MMA,2019).

Dentre as energias renováveis destaca-se a biomassa, que atualmente ocupa a terceira posição na matriz energética brasileira (ANEEL,2019) e possui uma ampla faixa de aplicações energéticas. Dentre os aproveitamentos, tem-se a biodigestão, um processo biológico que ocorre dentro de um biodigestor, dando origem a dois subprodutos: o biogás, que pode ser utilizado no processo de cozimento (cocção) dos alimentos ou na geração de energia e o biofertilizante, um adubo rico em nutrientes essenciais as plantas, podendo ser utilizado no processo de fértil irrigação na produção de alimentos (ANEEL,2005) Aliada a esse aproveitamento, tem-se o uso da tecnologia social, que segundo Novaes e Dias (2009) é definida como produtos, técnicas/ou metodologias reaplicáveis desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma tecnologia de baixo custo e de fácil replicação implantada na localidade rural de Cabeço, no município de Jandaíra no Rio Grande do Norte, bem como sua importância na preservação do meio ambiente, em particular o bioma caatinga.

Material e Métodos

O projeto de pesquisa adotou o estudo de abordagem qualitativa, que foi desenvolvido nos moldes de um estudo de caso. Foi consultada a bibliografia específica, através do levantamento de dados e junto à comunidade foi aplicado um questionário com perguntas abertas, que teve por objetivo avaliar o índice de satisfação do beneficiário da tecnologia de produção do biogás, o processo de adaptação com a tecnologia e sua eficiência. Toda a entrevista foi gravada e posteriormente foram transcritos fragmentos, a fim de realizar uma análise e interpretação dos resultados coletados. A pesquisa foi realizada na comunidade rural do Cabeço, localizada no município de Jandaíra, Rio Grande do Norte. Segundo IBGE (2010), o município possui uma população de 6801 pessoas, das quais 2847 residem na zona rural. A presente pesquisa foi desenvolvida com a família beneficiada com a tecnologia social, que possui como principal fonte de renda a prática da agricultura de subsistência e programas sociais como o bolsa família.

Resultados e discussão

Conforme o relato coletado, o entrevistado só tinha o conhecimento teórico da tecnologia de produção do biogás. Assim, não existia nenhum embasamento dos benefícios reais que o biodigestor poderia proporcionar àquela família. Ao ser questionado sobre o funcionamento da tecnologia e o seu manuseio, apontou que a tecnologia é simples e de fácil manejo. Todavia apresentando alguns problemas recorrentes, como o entupimento nos locais de abastecimento do biodigestor, destino adequado ao biofertilizante produzido, bem como a observação e correção de vazamentos no equipamento. Ressaltou-se que essas problemáticas são consideradas simples, porém dependendo do beneficiário, poderão ser consideradas como limitações, pois muitas pessoas poderão apresentar dificuldades na manutenção do biodigestor,

o que comprometeria o seu funcionamento. Ao ser questionado sobre a quantidade de biogás produzido, se atendia a necessidade da família, foi dito que a produção era suficiente, o que contribuiu de forma positiva, diminuindo o uso da lenha ou carvão vegetal no processo de cozimento dos alimentos. Todavia, apontou-se a "pressão" do gás oriunda da tecnologia como um fator limitante pela família, visto que no fogão à lenha e a gás convencional o alimento cozinhava mais rápido, sendo possível levar mais de uma panela ao fogo no mesmo intervalo de tempo. Enquanto que utilizando-se o gás proveniente do biodigestor, só era possível acender uma boca do fogão por vez, tornando mais longo o processo de cocção.

Em relação ao funcionamento da tecnologia, apontou-se que não houve um envolvimento de toda a família, ou seja, ela não se apropriou da tecnologia. Com o falecimento dos chefes da casa, os filhos não se interessaram em manter a tecnologia funcionando, o que culminou em sua desativação. O entrevistado mostrou-se descontente com a desativação da tecnologia de produção do biogás, mas apontou que faz-se necessário desenvolver um trabalho mais detalhado junto as famílias que serão beneficiadas com a tecnologia. Assim, alegando que as famílias devem ser preparadas para a chegada da tecnologia, de modo que possam compreender a importância e relevância que tal tecnologia trará, ou seja, apresentando-lhes os benefícios econômicos, sociais e ambientais. A Figura 1 ilustra a situação atual do biodigestor implantado na comunidade.

Figura 1. O biodigestor instalado na comunidade rural do Cabeço e a atual situação em que se encontrava.

Fonte: SOUZA, 2018.

As famílias de baixa renda têm dificuldade em custear o gás de cozinha que, no último ano, teve um aumento expressivo. Atualmente, o preço de um botijão de gás no estado do Rio Grande do Norte encontra-se em torno de 68,28 reais (NORTE,2018). Além disso, muitas

dessas famílias são beneficiárias de programas de transferência de renda do governo federal, como o bolsa família, sendo o valor pago mensalmente aos beneficiários de R$ 89,00 (MDS,2018). Diante do baixo valor repassado pelo programa às famílias e o alto valor pago na compra do botijão de gás, muitas delas acabam tendo que decidir entre a compra do gás de cozinha ou o alimento. Nesse conflito, a maior parte opta pela compra do alimento, utilizando a madeira da vegetação local como matéria-prima dos fogões a lenha para cocção dos alimentos. Assim, tem-se que essa atitude, provavelmente, está levando à supressão da vegetação nativa do bioma, além de contribuir para a emissão de gases de efeito estufa.

Conclusões

A experiência existente na comunidade rural do Cabeço é um exemplo, chegando a suprir toda a demanda de gás da família no primeiro momento, o que a torna exitosa. Porém ao mesmo tempo em que essa experiência se mostrou positiva inicialmente, com o passar dos meses surgiram alguns desafios que culminaram em sua desativação. Devendo esse fato ser levado em consideração no processo de implantação da tecnologia em outras localidades. Para que não haja problemas na execução da tecnologia, é imprescindível que as famílias recebam instruções e treinamentos para o enfrentamento dos problemas associados ao mal funcionamento da tecnologia, relativos à manutenção mecânica.

Referências Bibliográficas

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2. ed. Brasília, 2005.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz de Energia Elétrica.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acesso em: 30 abr. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama.** 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/jandaira/panorama>. Acesso em: 30 abr. 2019.

MDS, Ministério da Cidadania. **Benefícios.** Disponível em: <http://mds.gov.br/assuntos/bolsa-familia/o-que-e/beneficios/beneficios>. Acesso em: 06 nov. 2018.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 30 abr. 2019.

NORTE, Tribuna do. **Petrobras anuncia aumento no preço do gás de cozinha em 4,4%.** 2018. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/petrobras-anuncia-aumento-no-prea-o-do-ga-s-de-cozinha-em-4-4/417533>. Acesso em: 12 nov. 2018.

NOVAES, Henrique Tahan; DIAS, Rafael de Brito. **Contribuições ao Marco Analítico-Conceitual da Tecnologia Social**. In: DAGNINO, Renato Peixoto. Tecnologia Social: ferramenta para construir outra sociedade. São Paulo: Unicamp, 2009.

Apêndices

Questionário: Avaliação da satisfação do beneficiário da tecnologia de produção do biogás na comunidade rural do Cabeço

Nome e principal ocupação?

Francisco Melo Medeiros, agricultor e meliponicultor formado em pedagogia, Técnico em agroecologia e especialista em economia solidaria e desenvolvimento territorial. Faz parte da AJOCA – Associação dos Jovens Agroecologistas Amigo do Cabeço, na função de tesoureiro e exercer a função de secretário de agricultura do município de Jandaíra.

Você já conhecia a tecnologia de produção do biogás?

Já conhecia um pouco da teoria, já tinha ouvido falar, já tinha presenciado em uma oficina, em uma palestra sobre biodigestores, mas não tinha visto de perto a tecnologia funcionando. Vim ver de fato a tecnologia funcionando aqui na comunidade do Cabeço quando da primeira implantação.

Quanto ao processo de abastecimento e limpeza do biodigestor, você considera o biodigestor uma tecnologia de fácil manuseio?

Depende um pouco do ponto de vista do beneficiário ou da pessoa, da família que está sendo beneficiada, do ponto de vista ecológico e uma atividade simples, o manuseio e simples, reabastecer com uma quantidade x de esterco, as vezes tem alguns entupimentos, precisa estar sempre úmido colocar a quantidade de agua ideal, tira um pouco do excedente do biofertilizante e do fertilizante solido para não gera ressecamento no recipiente e ir armazenando, tanto o liquido quanto o solido para dá uma destinação correto, reutilizando na parte agrícola. Assim do ponto de vista ecológico é prático, mas do ponto de vista de manutenção dependendo assim, considerando o contexto de quem é, quem tá com a tecnologia, se tiver outras ocupações outro envolvimento ele precisa envolver a família para manter isso de uma forma regrada para que o funcionamento da unidade da tecnologia não fique comprometido, precisa de uma certa regularidade sim de comprometimento com o manuseio, reabastecimento, e observação se há um vazamento e que as vezes acontece alguma notificação em mangueira em registro, precisa mudar a água do filtro com um determinado momento, em fim precisa de uma observação e que precisa que não só uma pessoas mas que toda a família esteja envolvida no processo para que essa unidade venha a funcionar de forma plena.

Quanto a função do biodigestor, o biogás produzido é suficiente para suprir toda a necessidade da família, ou seja, eliminando o uso da lenha ou carvão vegetal no processo de cozimento dos alimentos?

Quando foi implantado no início, quando ouve um maior entusiasmo da família e um acompanhamento no processo inicial, supriu a necessidade da família em termos de gás. Porem foi é, foi colocado que havia uma lentidão no processo de cozimento dos alimentos porque quando era no gás de bujão e o fogo a lenha eles colocavam por exemplo no gás de bujão no fogão eles colocavam quatro bocas, como a família era grande, tinha quatro bocas funcionando, então eles colocavam quatro panelas ao mesmo tempo. Quando foi para o biodigestor não tinha uma pressão suficiente para ascender quatro bocas, então eles tinham que cozinha em uma boca, e ai como eles falavam olha a geste tem que fazer de manhã o café o cuscuz, depois botar o feijão, em fim e tinha pessoas que trabalhara fora, então isso tinha, uma, era mais lento esse processo de preparação dos alimentos, isso foi colocado para gente, então fica uma observação para que possa ser pensado inclusive numa forma que consiga aumentar a pressão, ter ao mesmo tempo mais bocas funcionando né. Antes a família utilizava lenha né, mais assim a

lenha ficou escassa na comunidade, então eles usavam resto de graveto para fazer o fogo, mais já usavam o gás de cozinha normal o convencional o butano. Só que eles tinham dificuldade também financeira para comprar esse gás, mas eles utilizavam tanto o fogo a lenha quanto o gás de cozinha convencional.

O senhor acredita que a sua qualidade de vida melhorou a partir da implantação da tecnologia de produção do biogás?

Eu não consigo mensurar essa questão, porque a própria família não deu esse retorno. Não houve uma apropriação, que a gente achava que ia haver né, a apropriação da tecnologia, o empoderamento da família acerca das questões ecológicas, em fim não ouve uma integração pra dá o uso integrado ou um destino correto do biofertilizante solido e liquido, isso. Esse uso integrado que eu falo e colocar e aproveitar esse ouro produto, esse subproduto do biodigestor na utilização como adubação das hortaliças, não foi dado esse destino não teve essa integração e aí com o tempo a família foi deixando de lado porque, o arrimo de família faleceu, a esposa faleceu e os outros que ficaram não deram continuidade ao manejo da unidade, então parou. E assim a gente não tem como mensura por exemplo o impacto positivo que mudou em termo da família, agente avaliava que era uma unidade que fazendo o manejo correto a família se apropriando intendendo o motivo real daquela unidade tá implantada ali e os benefícios tanto econômico quanto ambiental agente tinha como mensura, se a gente tivesse tido esse retorno, se a família tivesse compreendido isso, com certeza ela falava, olha isso foi importante para nossa vida por isso e isso. E ai como a gente não teve esse retorno essa informação, apenas o comportamento da família que foi deixando de lado, até a unidade parar, então não tenho como mensura o quanto isso mudou a vida da família o quanto impactou.

OBTENÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO RESÍDUO DE RÚMEN BOVINO

Eugênia Vargas Hickmann[1,2], Camila Hasan[2], Odorico Konrad[2,3]

[1]*Pós-graduanda no Programa de Pós-Graduação Latu Sensu em Educação Ambiental e Sustentabilidade – Centro Universitário de Maringá – Unicesumar, Maringá, Paraná, evhickmann@universo.univates.br.*

[2]*Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari - Univates.*

[3]*Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) - Universidade do Vale do Taquari - Univates.*

Resumo

Em 2018, o abate de bovinos no Brasil totalizou aproximadamente 30,9 milhões de cabeças, tendo um aumento de 3,4 % referente ao ano anterior (IBGE, 2018). Bovinos são animais ruminantes que apresentam em seu sistema digestivo um pré estômago dividido em segmentos. Um deles é o rúmen, o qual armazena o alimento para a realização da ruminação (OWENSBY et al., 1996). Durante o processo de abate, são gerados diferentes resíduos, dentre eles o ruminal, que ainda apresenta dificuldades no momento de sua destinação (ROSA, 2009). Sendo assim, este estudo teve como objetivo avaliar a geração de biogás obtida a partir do resíduo de rúmen bovino por meio de duas avaliações comparativas: Experimento I e II. No experimento I foi utilizado resíduo de rúmen bruto e no experimento II resíduo ruminal após processo de desaguamento. Os ensaios de digestão anaeróbia foram desenvolvidos em escala laboratorial no Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari - Univates. Foram utilizados reatores de 1 L, preenchidos com 500 g de inóculo e amostra, conforme as premissas da norma alemã VDI 4630 (2006), a qual considera que o teor de sólidos totais da mistura deve ser menor que 10% e que a razão entre os sólidos voláteis do substrato pelos sólido totais do inóculo deve ser menor ou igual a 0,5. Para quantificação de biogás, utilizou-se o Sistema Automatizado de Medição de Biogás (SAMB) descrito por Konrad et al. (2016). Os reatores foram mantidos em incubadora bacteriológica a uma temperatura mesofílica de 37 ºC. O experimento I permaneceu incubado por 29 dias e o experimento II por um período de 43 dias. Ao final de cada avaliação, obteve-se um Potencial Bioquímico de Biogás (PBB) de 640,4 $m^3_{BIOGÁS}.ton_{SV}^{-1}$ e um Potencial Bioquímico de Metano (PBM) de 360,4 $m^3_{METANO}.ton_{SV}^{-1}$ para o experimento I; e um PBB de 494,6 $m^3_{BIOGÁS}.ton_{SV}^{-1}$ e PBM de 300,7 $m^3_{METANO}.ton_{SV}^{-1}$ para o experimento II. A partir dos resultados obtidos destaca-se o resíduo ruminal bruto que demonstrou maior potencial. Isso pode ter ocorrido devido a presença de suco gástrico em sua composição, que de acordo com Bitman et al. (2019) é um material composto por uma diversidade microbiana com capacidade de degradar celulose, reduzindo o tamanho das partículas e facilitando a digestibilidade. Desta forma, as duas amostras manifestaram potencial para geração de biogás e metano, demonstrando que a digestão anaeróbia pode ser uma alternativa de tratamento para esse resíduo, além de haver a possibilidade de utilizá-lo como uma fonte de energia renovável.

Palavras-chave. Digestão anaeróbia. Biogás. Metano. Rúmen bovino.

OPERAÇÃO DE PCH'S E PCT SOB PERSPECTIVA COMERCIAL INTEGRADA

Vinícius Caldeira Melek[1], Marcelo Rodrigues Bessa[2]

[1]*Universidade Federal do Paraná, vcmelek@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal do Paraná*

Resumo

As pequenas centrais hidroelétricas (PCH) e Pequena Central Térmica (PCT) podem comercializar energia tanto no mercado livre quanto no mercado regulado. Neste trabalho, duas situações para comercialização são avaliadas: (A) PCH's que operem no mecanismo de realocação de energia (MRE) com uma usina a base de biomassa que opera com contrato bilateral e (B) as usinas hidrelétricas que comercializam energia no mercado livre associadas também a uma usina de biomassa com contrato bilateral. A energia produzida é calculada por vazões sintéticas geradas pelo método PAR (p) e aplicado no método Monte Carlo para avaliar o fluxo de receitas. Os resultados mostraram que houve receitas maiores para as PCH's que operam no mercado livre, associadas às usinas a base de biomassa que opera com contrato bilateral. Como sugestão, para um investidor seria mais interessante investir no caso B.

Palavras-chave. Hidrelétrica, Biomassa, comercialização de energia.

Introdução

Na década de 90, com intuito de garantir a expansão da matriz energética brasileira, o governo federal reformulou o setor elétrico, com a realização de privatizações e implantação de uma política de incentivos à competição. Porém, os investimentos nesta época não foram suficientes para suprir a demanda. Isto aumentou a exposição do Brasil ao risco de déficit de energia (FILL e PÉRICO, 2013; MIRANDA et al., 2013).

Fato verificado em 2001, com o racionamento de energia, que foi causado por uma combinação de fatores: desarticulação dos órgãos responsáveis pela expansão do parque gerador, atraso na construção de centrais geradoras e a hidrologia desfavorável (KELMAN et al., 2001). Em função de expandir os investimentos e incentivar fontes limpas, o governo passou a incentivar, por meio do Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), em 2004, a diversificação da matriz energética, com destaque para as fontes renováveis (eólicas, térmicas a biomassa[1] e pequenas centrais hidrelétricas - PCH's[2]),

[1] Este estudo foi realizado com Pequena Central Térmica (PCT), que é usina termelétrica com até 30 MW de potência instalada.

[2] Usinas hidrelétricas com potência instalada entre 5 e 30 MW, e com reservatório de até 13km^2

que passaram a contribuir com uma porcentagem maior na matriz energética brasileira (BRASIL, 2004).

Além disso, com a lei nº 10.848/04, o Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) sofreu uma reestruturação, com a criação da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que substituiu o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE) visando à regulação da comercialização de energia em basicamente dois ambientes de contratação: (1) Livre (ACL) onde a energia é contratada por consumidores livres, por intermédio de contratos livremente negociados e; (2) regulado (ACR) onde o mercado é centralizado e as tarifas de suprimento são reguladas, (NEIRA, 2005).

Este trabalho possui um caráter comparativo entre duas hipóteses para comercialização de energia produzida por duas PCH's dentro do cenário atual: (A) PCH's que operem no MRE com uma usina a biomassa que atua com contrato bilateral e (B) as usinas hidrelétricas comercializam energia no mercado livre associadas também a uma usina a biomassa com contrato bilateral. Em todos os casos, as usinas hidrelétricas estão englobadas no Sistema Integrado Nacional (SIN).

Material e Métodos

Nesta seção é apresentada a formulação do problema de otimização, por meio do detalhamento da geração de séries sintéticas, simulação energética e previsão de receitas por meio de contratos de energia.

Com base nas séries históricas de vazões das PCH's são geradas 1.000 séries sintéticas para 60 meses, a exemplo do que é realizado pela programação computacional NEWAVE, que serve para gerar diferentes cenários energéticos para o Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste estudo foi utilizado o modelo autorregressivo periódico (PAR(p)), depois foram comparados os parâmetros estatísticos com as séries históricas (CEPEL, 2015).

O PAR(p) é o modelo vigente no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB), utilizado pelo Modelo de Geração de Cenários de Energias e Vazões (GEVAZP), que é uma programação computacional que gera séries sintéticas de vazões para o NEWAVE. Este estudo utilizou o GEVAZP para a geração das séries sintéticas de vazão e as comparou com os outros modelos de séries sintéticas de vazão (CEPEL, 2015). Uma vez tendo as séries sintéticas, são feitos os balanços hídricos das PCH's e calculada a energia gerada para um determinado mês.

Com as energias geradas, dois cenários de geração foram formados: (A) PCH's que funciona no MRE com uma usina a biomassa que opera com contrato bilateral e (B) as usinas hidrelétricas comercializa energia no mercado livre associadas também a uma usina de biomassa com contrato bilateral.

Na situação A: PCH's participam do MRE, supondo que o subsistema Sul[3] tem energia suficiente para suprir o déficit da usina. De maneira simplificada o problema pode ser resumido pela Equação (1).

[3] O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é dividido por questões operacionais e localizações geográficas em 4 (quatro) subsistemas: (i) Nordeste, (ii) Sudeste/Centro-Oeste, (iii) Sul e (iv) Norte. Neste estudo foi considerado o subsistema Sul, pois as usinas hidrelétricas e a térmica estão localizadas em estados da região Sul.

$$\text{receita total}_n = \text{receita } 01_n + \text{receita } 02_n + \text{receita } 03_n + \sum_{n=1}^{m}[(\text{geração}_t - \text{vendas}_t)\text{PLD}_n + \text{vendas}_{tn} + \text{PC}_{\text{médio}}] \quad (1)$$

Em que:

$$\text{receita } 01_n = \text{vendas}_n \text{preço} - \text{contrato} \quad (2)$$

$$\text{receita } 02_n = (\text{parte})_n \text{TEO}_n \quad (3)$$

$$\text{receita } 03_n = (\text{parte})_n \text{PLD}_n \quad (4)$$

Em que vendas_n são as séries de montantes mensais de energia elétrica vendida, ou seja, é a energia assegurada da usina hidrelétrica (MW); PLD_n é o preço de liquidações das diferenças, adotado como preços médios mensais variados das energias liquidadas pelo CCEE (R$/MWh); n é o número de períodos estudados (meses). As vendas_t é a geração média da usina de biomassa no contrato bilateral no período n e o $\text{PC}_{\text{médio}}$ é preço de contratação do mercado livre. A geração_t é a produção da usina de biomassa no mês n e o PLD_n é o preço da energia no mercado de curto prazo. A Tarifa de Energia Otimizada (TEO) é constante no ano (R$/MWh). Para receita 02_n e receita 03_n existem as seguintes restrições, de acordo com o ajuste que representa a relação entre a Geração Total Agregada (GTA) e a Garantia Física (GFIS) das usinas participantes no MRE, conforme representado pela Equação (5).

$$\text{ajuste}_n = \frac{\text{GTA}}{\text{GFIS}} \quad (5)$$

Quando o $\text{ajuste}_n \geq 1$, caso as usinas participantes do MRE tenham sua geração mensal acima da energia assegurada, há existência de uma energia secundária no MRE. Seu valor equivale à diferença entre a GTA e GFIS, multiplicando pelo direito à energia secundária (DSEC P_n), conforme representado pelas Equações (6) e (7).

$$\text{receita } 03_n = 0 \quad (6)$$

$$\text{parte}_n = (\text{GTA} - \text{GFIS})\text{DSEC_P}_n \quad (7)$$

Em que:

$$\text{DSEC_P}_n = \frac{\text{vendas}_n}{\text{GFIS}} \quad (8)$$

Para o $\text{ajuste}_n < 1$, a parte é calculada de acordo com as Equações (9) e (10)

$$\text{parte}_n = (\text{vendas}_n \text{ajuste}_n - \text{geração}_n)\text{DSEC_P}_n \quad (9)$$

$$\text{receita } 02_n = 0 \quad (10)$$

Com o ajuste$_n$ < 1, é calculada a proporção de garantia física da usina do agente em relação aos participantes do MRE; a parte é um operador – o resultado das restrições anteriormente explicitadas. O preço contrato é o valor pago para a energia assegurada (R$), vendas é a energia assegurada da PCH e receita é o quanto a usina gerou no respectivo mês.

Na Situação B: Usina hidrelétrica que atua no mercado livre, com uma usina de biomassa trabalhando em conjunto com as PCH's. Assim como no cenário (A) a usina térmica opera de acordo com contrato bilateral de energia elétrica. A expressão é representada pela Equação (11).

$$\text{receita_total}_n = \text{receita } 01_n + \sum_{n=1}^{m} [(\text{geração}_t - \text{vendas}_t)\text{PLD}_n + \text{vendas}_{tn} + \text{PC}_{\text{médio}}] \quad (11)$$

A receita 01_n é receita total$_n$ do cenário A. Porém vendas$_t$ é a geração média da usina de biomassa no contrato bilateral no período n e o PC$_{médio}$ é preço de contratação da energia. A geração$_t$ é a produção da energia realizada pela usina de biomassa no mês n e o PLD$_n$ é o preço da energia no mercado de curto prazo.

Resultados e discussão

Como estudo de caso, foram escolhidas três usinas, sendo duas PCH's e uma PCT, que se encontram no subsistema Sul. As características das usinas hidrelétricas e de biomassa são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das PCH's

Descrição	PCH São Jorge	PCH Pito	Biomassa
Potência instalada	8,50MW	4,00 MW	6,00 MW
Garantia física	4,96 MWmed	2,45 MWmed	3,32 MWmed
Fator de capacidade	0,58	0,61	0,55

Os fluxos de receita são apresentados nas Figuras 1 e 2. As receitas brutas (R$) são maiores para o caso B, pois ao comercializar no mercado livre a energia, seus preços são definidos (além do regime hidrológico local) pela oferta e demanda. Para o caso A, a energia das usinas hidrelétricas são vendidas no MRE, que são regulamentados pelo governo, portanto não sofrem tanto com as ações do mercado (ONS, 2014).

Figura 1. Resultado dos fluxos de caixa operando de forma conjunta PCH São Jorge+PCT

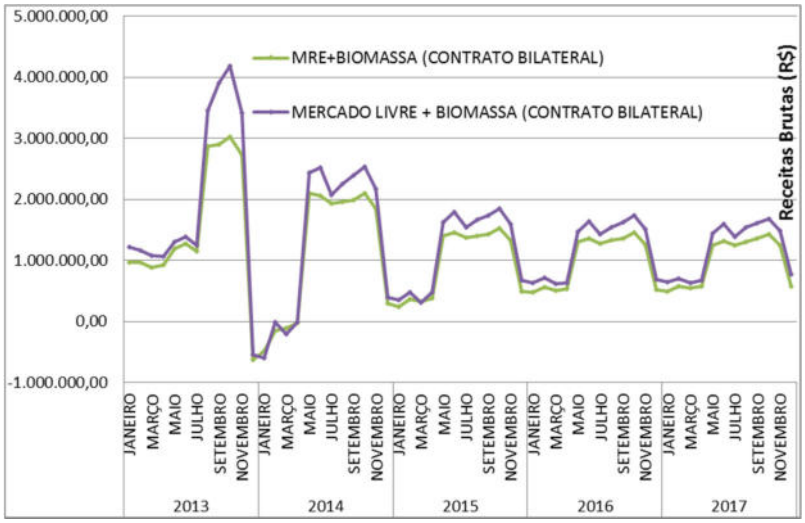
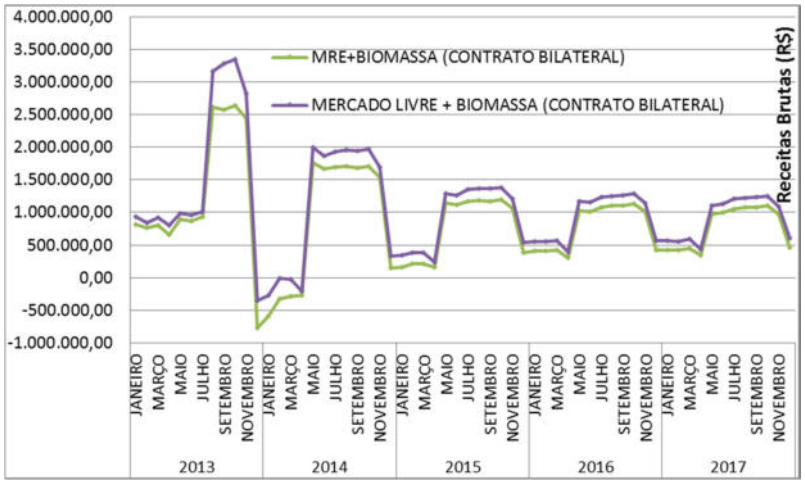


Figura 2. Resultado dos fluxos de caixa operando de forma conjunta PCH Pito+PCT



Na Tabela 2 estão presentes os dados da taxa interna de retorno (TIR), que é valor de desconto hipotético, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. O conceito foi proposto por John Maynard Keynes, de forma a classificar diversos projetos de investimento: as concepções cujos fluxos de caixa tivessem uma taxa interna de retorno maior eram os mais recomendados (OLIVEIRA, 2008). Portanto, neste estudo a simulação de venda de energia que tiver a maior TIR será o investimento recomendável. Sendo assim para este estudo o mais indicado para a realização de um investimento futuro é a situação B que apresentou que apresentou respectivamente 18,68% e 27,38% para as PCH avaliadas (TABELA 2). Já a situação A, apresentou respectivamente 13,56% e 19,18% para o PCH são Jorge e PCH pito.

Tabela 2. Resultados do resumidos do TIR e *paybacks* para as duas situações analisadas neste estudo.

Variáveis	PCH São Jorge + PCT		PCH Pito + PCT	
	Situação A	Situação B	Situação A	Situação B
TIR (%)	13,56	18,68	19.18	27,38
Paybacks (anos)	7,2	6,5	6,4	5,0

Os *paybacks* que é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor do investimento estão expostos na Tabela 2. Neste caso quanto menor os *paybacks*, melhor é o investimento. Assim, os melhores resultados obtidos foram para a situação B (6,5 anos e 5,0 anos, respectivamente).

Conclusões

As operações das PCH's e PCT no mercado livre foram mais eficientes na situação B que apresentaram os melhores resultados nos valores de TIR e *payblacks*, sendo mais atrativo do ponto de vista financeiro, quando comparado ao PCH's vendendo energia no mercado livre com PCT fornecendo energia no contrato bilateral.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei n. 10.848/04, (2004). Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis n. 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, v. 141, n. 51, p. 2, 15 mar. 2004. Seção 1, 2004.

CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (2015). *GEVAZP – Geração de Séries Sintéticas de Energias e Vazões Periódicas*, site www.cepel.br, acessado outubro de 2015.

FILL, H. D. O. A., PÉRICO, G. (2013) Avaliação do risco associado à energia firme de um sistema hidrelétrico. *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves-RS, 2013.

KELMAN, J.; VENTURA FILHO, A.; BAJAY, S. V.; PENNA, J.C.; HADDAD, C. L. S (2001) *Relatório da Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia*. Brasília.

MIRANDA, R.B., ESTIGONI, M.V., VERONEZ, O., BOTELHO, D.A., MAUAD, F.F. (2013). Geração de séries sintéticas de vazão para modelagem hidrodinâmica de reservatórios. *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.

NEIRA, K. L. (2005). Curvas de regularização para reservatórios parcialmente cheios e confiabilidade constante – *Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná.* Curitiba, PR, 2005.

OLIVEIRA, M. H. F. (2008) A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy, *Dissertação, USP,* São Paulo (SP).

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico (2014) – *site http://www.ons.org.br*, acessado março de 2014.

Otimização do Pré-Tratamento da Casca de Coco da Baía para a Produção de Etanol 2G

V. A C. A. Reis, G. R. F. Bronzato, J. A. Borros; A. L. Leão, I. Cesarino

Sao Paulo State University (UNESP), School of Agriculture, Botucatu, Brazil, victorreis.mirra@gmail.com

Resumo

As fibras vegetais estão ganhando notoriedade nos últimos anos por serem uma saída mais sustentável na produção de energia em relação aos combustíveis fósseis, entre elas, a biomassa proveniente do coco da baía, conhecido popularmente como coco verde, tem algumas características particulares que podem ser aproveitadas em processos biotecnológico. Um exemplo é a utilização da celulose presente na casca desse fruto como matéria prima para a produção de etanol de segunda geração. Cerca de 80% do peso do coco está associado à casca, que após o aproveitamento da água se torna um resíduo. Essa biomassa é muitas vezes descartada de forma incorreta em aterros sanitários, onde ocupam muitos espaços, ou são deixadas pelos consumidores na areia da praia, causando poluição. Além dos fatores descritos, o tempo de decomposição, que pode ser de 8 a 12 anos, contribuem no aumento dos problemas ambientais, econômicos e sociais. (EMPARN, 2009; MACHADO et. al., 2009). O processo de produção do etanol 2G é feito através de diferentes procedimentos que estão relacionados: a etapa de pré-tratamento é realizada para separar e isolar a celulose dos outros componentes da fibra, como a lignina e os extrativos; a etapa seguinte é conhecida como hidrólise enzimática, pois a celulase degrada a celulose, um biopolímero, em glicose e na fermentação, essa hexose será convertida em etanol por meio das leveduras. A fibra da casca do coco é constituída por aproximadamente 28% de celulose, o que torna esse material interessante para a produção do biocombustível, porém, os altos teores de lignina (23%) e de extrativos (19) indicam um desafio no pré-tratamento, pois esses teores atrapalham as etapas seguintes. Por isso, o estudo de pré-tratamentos mais eficientes traria mais rentabilidade ao processo. O presente trabalho apresentará uma dinamização de uma metodologia de pré-tratamento, baseada na norma de análise de holocelulose TAPPI T257 om-85 e em testes anteriores que visam a deslignificação da fibra da casca do coco por meio de reações químicas utilizando clorito de sódio a 10 % m/v em meio ácido. Para esse estudo utilizamos sete parâmetros, sendo 3 fixos: I- 1g de biomassa seca/10 mL de solução; II – agitação em 150 rpm; III- Concentração de 1:1 de clorito de sódio e ácido acético; e 4 variáveis: IV – temperatura – ambiente, 50°C e 70°C, V- tempo - 30, 60 e 120 minutos, VI- concentração do ácido acético – 1, 5 e 10% e VII- quantidade de adição dos reagentes – 1, 2 ou 4 vezes. Esses parâmetros tendem a ter influencias mais especificas como amolecimento da parede (temperatura) homogeneização da solução (agitação) reação fracionada (numero de adições) e meio mais acido (concentração do ácido acético). O experimento foi feito em duplicata, totalizando 162 amostras. Para se determinar qual o melhor pré-tratamento foi utilizado o número Kappa, uma análise comparativa que identifica qual amostra tem menos lignina residual, ou seja, qual tratamento foi melhor no processo de deslignificação da fibra. A amostra com o melhor resultado, que apresentou um numero kappa de 19,0 foi o pré-tratamento realizado nas seguintes condições: 70 °C por 120 minutos, com 4 adições de reagentes e ácido acético com uma concentração de 10 %v/v por

apresentar um número kappa inferior aos demais significando uma maior perda de lignina no processo, fator primordial para a escolha por apresentar um maior rendimento nos próximos processos.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Cultivo do coqueiro no Rio Grande do Norte. Disponível em:< http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/pdf/cartilha_cultivo%20no%20coquei ro.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2019

MACHADO, K. C,; DAMM, D. D.; JUNIOR, C. C. M. F. Reaproveitamento Tecnologico de resíduos orgânicos: casca de coco verde na produção de gabinetes ecológicos de computadores, I: Forum

Palavras-chave. Casca de Coco. Etanol 2G. Pré-tratamento.

Poder calorífico superior de amostras secas em estufa das arvores analisadas de Maringá-PR

Fabricio Hernandes de Freitas[1], Vinicius Mateus Silveira Martins[2], Julianno Pizzano Ayoub[3], Luis Henrique Nogueira Marinho[4], Pedro Augusto Arroyo[5]

[1-] *Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, brizola26@hotmail.com*

[2-] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental*

[3-] *Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

[4-] *Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

[5-] *Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química*

RESUMO

A biomassa quando queimada, libera energia térmica. Para a utilização desta biomassa na geração de energia, é recomendado conhecer seu poder calorífico, que está diretamente relacionada com o seu teor de umidade. Esta biomassa gera uma média de 400 ton/mês de massa úmida, com poder calorifico superior (PCS) médio de 4200 cal/g, poder calorífico inferior (PCI) médio de 2.200 cal/g e umidade em torno de 38% das espécies analisadas (Tipuana "Tipuana tipu", Sibipiruna "Caesalpinia pluviosa"e do Ipê "Handroanthus chrysotrichus"). A coleta do material é feita mensalmente no ato do corte da arvore através do cavaco que sai da motosserra. A biomassa sai com granulometria compatível com a ABNT (NBR 14.929/2017). Para obter o poder calorífico superior (PCS) é colocada em uma massa conhecida de combustível no Calorímetro Parr 6200. O poder calorífico Superior pode ser definido em kj/kg ou kcal/kg. Constatou-se que o teor de umidade analisados da biomassa ficaram em torno de 38%. Foram feitas cinco amostras de (PCS) das espécies: Sibipiruna, Ipê, Tipuana, sendo o (PCS) expresso em cal/g respectivamente foram: 4.201; 4.540; 4.317. É possível observar que as três espécies analisadas neste trabalho têm praticamente o mesmo poder calorífico, não dando diferença na hora da queima para a produção de energia.

Palavras-chave. *Poder Calorifico Superior, Teor de Umidade, Energia Térmica, Resíduos, Energia Elétrica.*

Potencial de emissão de biogás de célula já finalizada do aterro sanitário municipal de Cascavel - PR

Abel Alves de Souza[1], Reinaldo Aparecido Bariccatti[2], Benhurt Gongora[1], Samuel Nelson Melegari de Souza[2], Reginaldo Ferreira Santos [2]

[1] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós Graduação de Energia na Agricultura – Mestrando, Cascavel – PR. abel.sza@gmail.com*

[2] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós Graduação de Energia na Agricultura – Doutor, Cascavel – PR.*

Resumo

Diante da necessidade de aumentar a matriz energética e a mitigação de impactos ambientais, este artigo analisa o potencial energético do aterro sanitário do município de Cascavel – PR. Inicialmente realizado o georreferenciamento dos drenos para então realizar medições de vazão de biogás proveniente do material depositado em célula já fechada. A célula em estudo recebeu RSU por 8 anos e no decorrer de 2 e 3 anos após sua finalização foi medido a emissão e temperatura de biogás que escoou através dos drenos do aterro sanitário; foram obtidos respectivamente, 378,3 m^3h^{-1} após 2 anos e 315,8 m^3h^{-1} após 3 anos de sua finalização. Calculou-se o potencial energético apresentado pelos dois anos de medição sendo respectivos 1,7 MWh^{-1} e 1,5 MWh^{-1}.

Palavras-chave: Biogás. Resíduo sólido urbano. Potencial energético.

Introdução

O ser humano distingue-se dos animais em sua capacidade de modificar o meio em que vive para benefício próprio. Tal característica é importante para que melhore sua vivência e traga desenvolvimento para sua sociedade. Porém, esse crescimento traz agravantes, como os resíduos que são descartados todos os dias por todas as figuras da sociedade. E há a necessidade de tratamento desse material para a manutenção da vida no planeta, haja vista que segundo Barragán-Escadón et al.(2018), metade da população mundial vive em cidades e são responsáveis por cerca de 70% a 80% das emissões de gases estufa de todas as naturezas, inclusive com seu Resíduo Sólido Urbano (RSU). O mesmo trabalho informa ainda que essa população consome dois terços da energia primária, sendo notória a necessidade em tratar o RSU e produzir energia limpa.

Os aterros sanitários são semelhantes a grandes biodigestores, são reatores que emitem biogás. A necessidade de maiores fontes de energia tem fomentado pesquisas com o biogás de aterro sanitário com a finalidade de o utilizar para produção de energia elétrica. Segundo Bilotta & Ross (2016), tal ação é devido ao aumento de cidades que coletam e tratam corretamente o seu resíduo sólido urbano em aterros sanitários devidamente projetados e sob respaldo técnico ambiental.

O RSU é depositado no aterro sanitário e tem inicialmente sua decomposição por meio aeróbio, que ocorre comumente logo após a inserção do material; após o esgotamento de oxigênio, acontece a decomposição anaeróbia, caracterizando o aterro como um reator biológico (PIÑAS et al., 2016). A produção de biogás no aterro é dependente das reações químicas que o meio possibilita, sendo influenciada por fatores como percentual de oxigênio, disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura e da taxa de decomposição do material (SCHIRMER et al., 2014).

O biogás é um gás composto, com seu percentual constituído principalmente por metano (CH_4), de 50% a 70% e dióxido de carbono (CO_2) entre 25% a 45% , cerca de 5% de outros gases (H_2S, CO, N_2, O_2, entre outros) (PERLINGEIRO, 2014; GUIMARÃES e GALVÃO, 2015). O biogás pode cooperar para a matriz energética de um país, contribuindo para precaução da falta ou limite de energia (YANG, ZHANG, LI, 2012; GUIMARÃES, GALVÃO, 2015). Segundo Raboni e Urbini (2014), como o biogás após filtragem, tem características semelhantes ao gás natural, e portanto é possível de o injetar em após a purificação odo biogás, é possível obter o biometano, e assim pode-se injetar em dutos de gás natural.

O objetivo deste trabalho foi de mensurar o potencial energético do aterro municipal de Cascavel – PR, entre os anos de 2012 e 2013.

Material e Métodos

Os dados foram obtidos no decorrer dos anos de 2012 e 2013 no aterro municipal de Cascavel, localizado entre as nascentes do Rio Boi Piguá e do Córrego São José, sub-bacia do Rio Azul, afluente da margem esquerda do Rio Piquiri; com latitude 24º51'04 Sul, longitude 53º29'08" Oeste e altitude média de 670 m. O Clima da região é subtropical úmido com temperatura média de 19 ºC. A área do município destinada ao aterro sanitário compreende 237.800 m^2, porém concentrou-se o estudo em parte desta área, em células já devidamente preenchidas e prontas.

As células em estudo, iniciaram o trabalho em maio de 2003 e receberam até outubro de 2011 em média 225 toneladas por dia de resíduos domiciliares que se enquadram na classe IIA, conforme a NBR 10004. Para o georreferenciamento utilizou-se GPS da marca Garmim modelo 62sc para a leitura das coordenadas UTM , WGS 84. A medição foi realizada em tubo de pvc com diâmetro de 60 mm e 1,20 metros de comprimento, medindo-se internamente a velocidade do gás em toda a sua extensão com auxílio de um anemômetro de fio quente, da marca Instrutherm modelo tafr-180 dotado também de um termômetro interno, o qual foi introduzido perpendicularmente à corrente de gás há 1 metro da entrada, possibilitando que o gás pudesse ficar em um regime de escoamento mais homogêneo.

As medições contemplaram 12 repetições para cada um dos 22 drenos, no período entre os meses de junho e agosto de cada ano. Cada instalação da lona na manilha teve um tempo de 10 minutos para obtenção da estabilidade do gás no interior do dreno antes da leitura da vazão do gás.

Para o cálculo da vazão normalizada, considera-se o gás como tendo comportamento termodinâmico de um gás ideal e sendo necessário a correção da medição em cada dreno para as CNTP (Condições Normais de Temperatura e pressão) sendo para 0 ºC e 1 bar. Sendo calculada a vazão segundo a equação abaixo:

$$Q = (V * A) * \frac{273{,}15}{273{,}15 + T} * P$$

Em que: Q = vazão normalizada de biogás ($Nm^3\ s^{-1}$); V= velocidade do gás na saída para atmosfera (ms^{-1}); A= área da seção transversal do duto de escoamento do gás (m^2); T= temperatura de medição (^0C); P=pressão atmosférica local (bar).

A pressão barométrica foi adquirida de uma estação meteorológica Davis Vantage Pro 2 instalada no município de cascavel, onde coletamos dados contendo máxima e mínima condição de pressão no município nos dias de medição.

A conversão da vazão de biogás em energia elétrica é calculada através da equação:

$$P_e = Q_{biogás} * E_{el} * PCI$$

Onde: P_e=potência disponível a cada hora (kWh^{-1}); $Q_{biogás}$=vazão horária de biogás (m^3s^{-1}); E_{el}=eficiência de conversão em energia elétrica; PCI= poder calorífico inferior do biogás.

Resultados e Discussão

Na análise de dados percebe-se concentração dos drenos em alguns lugares e outros lugares aparentemente não se tinha drenos. A administração do aterro não forneceu documentação para a localização de cada dreno. Na figura 1 apresentamos a localização em UTM, WGS 84, de cada dreno medido.

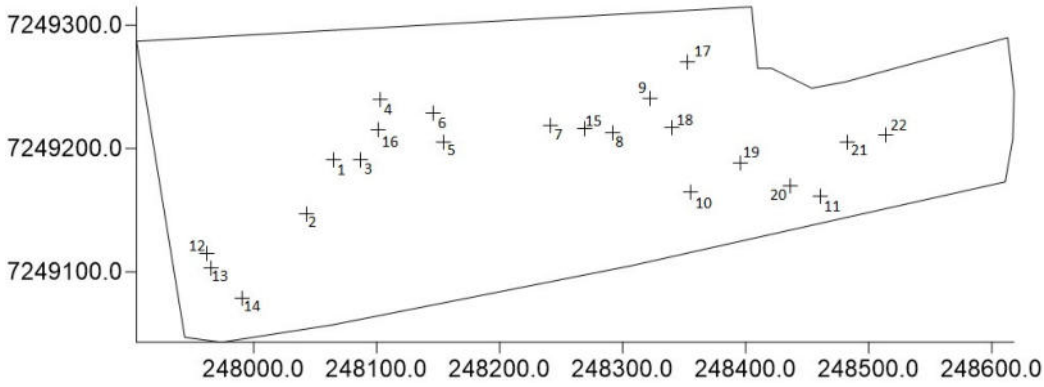


Figura 1. Georreferenciamento dos drenos trabalhados em 2012 e 2013.

Na figura 2 temos o histograma e polígono de frequência com as médias de emissões de gás para o ano de 2012, vê-se que os drenos com vazões mais baixas, menores que 18 m^3h^{-1} somam 68,2% dos 22 drenos medidos, e apenas 2 drenos demonstraram variação muito acima da média obtida.

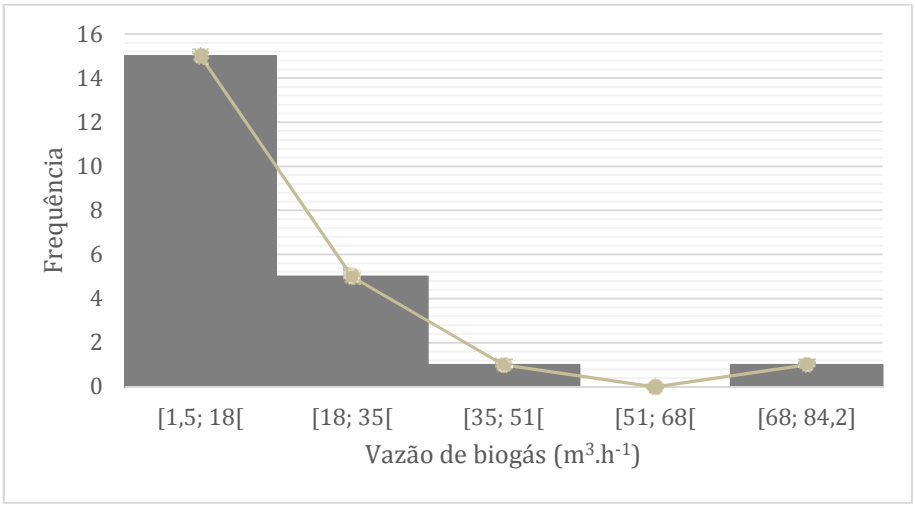


Figura 2. Histograma e polígono de frequência para vazões de biogás em 2012.

A menor média de vazão foi de 1,51 m^3h^{-1} para o dreno 16, e a maior média de vazão foi para o dreno 9 com 84,1 m^3h^{-1}. Dos drenos medidos, a vazão média foi de 17,2 m^3h^{-1}, com desvio padrão (s) de +/- 18,37, mostra que as médias de vazão possuem baixa dispersão e coeficiente de variação (cv) de 1,06, assim os valores medidos neste ano são estatisticamente homogêneos a temperatura média foi de 25,6 ºC com desvio padrão de +/- 3,42.

No ano de 2013 as vazões menos expressivas, com medias menores que 17,26 m^3h^{-1} somam 86,36% dos 22 drenos medidos, e a menor média de vazão foi de 2,66 m^3h^{-1} para o dreno 4, e a maior média de vazão foi para o dreno 8 com 75,68 m^3h^{-1}. A tabela de medições está apresentada na tabela 2. Dos drenos medidos, a vazão média foi de 14,35 m^3h^{-1}, com desvio padrão (s) +/- 15,39 e a temperatura média foi de 27,26 ºC.

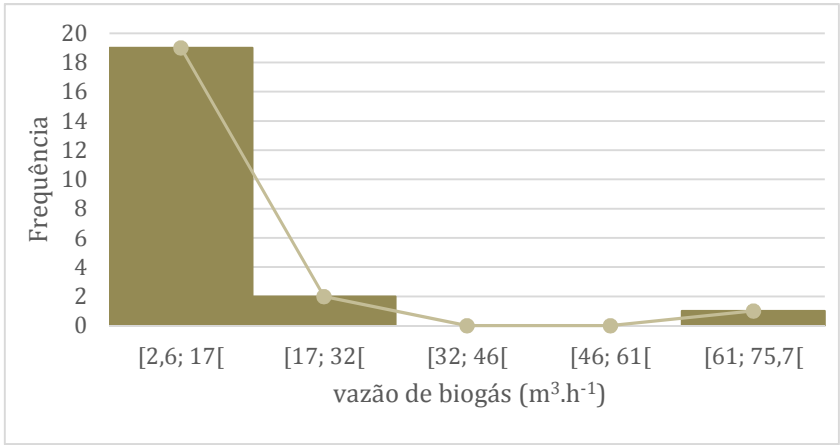


Figura 3. Histograma e polígono de frequência para vazões de biogás em 2013.

Vazões expressivamente mais altas que as demais tinham escoamento próximo ou maior que 30 ºC. Segundo Prado; Campos e Silva (2010), a temperatura influencia na concentração de metano no biogás, acréscimos na temperatura proporcionam maior produção de biogás. Entretanto, comparando a temperatura e vazão de um ano pra outro, observou-se que embora emitiu-se mais gás após 2 anos de encerramento da célula, a temperatura média em 26,77 ºC , foi 6% menor que a do ano seguinte,28,5.

A tabela 1 mostra o resumo das diferenças de emissões de biogás e temperatura entre os dois anos de medições.

Tabela 1. Diferenças entre emissões de biogás no aterro nos anos de 2012 e 2013

	Vazão (Nm^3h^{-1})		Temperatura (ºC)	
	2012	2013	2012	2013
mínimo	1,51	2,66	20,31	23,6
máximo	84,11	75,68	34,43	30
média	17,2	14,35	26,77	28,5
desvio padrão	18,37	15,39	3,35	1,82

O tipo de trabalho realizado na operação do aterro sanitário influência grandemente o potencial energético do aterro. Pan et al. (2018), em medição de vazão de biogás em aterro sanitário na Índia, onde o mesmo relata que não houve adequada compactação das camadas, portanto vazava biogás por todas as extremidades de solo do aterro, mesmo assim obteve uma vazão média dos drenos de 0,9 m^3h^{-1}. A tabela 2 mostra o potencial energético para os 2 anos de estudo no aterro sanitário.

Tabela 2. Potencial energético verificado nas células já finalizadas do aterro

ano	vazão	potencia disponível (MWh^{-1})
2012	378,3	1,7
2013	315,8	1,5
total	**694**	**3,2**

Conclusão

O estudo da vazão de biogás nas células já finalizadas do aterro municipal de cascavel, mostrou uma vazão expressiva para os dois anos de medição. Em 2012, a vazão medida foi 378,3 m^3h^{-1}; em 2013 a vazão de biogás foi 315,8 m^3h^{-1}, 19,8% menor em relação a medida no ano anterior, assim como o esperado pela literatura.

O potencial de geração de energia elétrica para o ano de 2012 foi 1.7 MWh^{-1}, já 2013 teve potencial energético menor,-16,5 % em relação ao ano anterior com 1,5 MWh^{-1}.

Os resultados mostram que há potencial de aproveitamento desta energia, sendo viável a utilização do potencial para geração de energia elétrica. Podendo abastecer a prédios públicos como escolas e hospitais e assim ter benefícios ambientais como a mitigação impactos ambientais até a economia e eficiência dos gastos públicos.

Referências

BARRAGÁN-ESCANDÓN, A. et al. Electricity production using renewable resources in urban centres. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy**, 2018.

BILOTTA, P.; ROSS, B. Z. L. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 2016.

GUIMARÃES, C. M. M.; GALVÃO, V. Análise da rede de colaboração científica sobre biogás. **Perspectivas em Ciência da Informação**, 2015.

MAC KINNON, M. A.; BROUWER, J.; SAMUELSEN, S. **The role of natural gas and its infrastructure in mitigating greenhouse gas emissions, improving regional air quality, and renewable resource integrationProgress in Energy and Combustion Science**, 2018.

PAN, H. et al. An emergy based sustainability evaluation on a combined landfill and LFG power generation system. **Energy**, 2018.

PERLINGEIRO C. G. A. **Biocombustíveis no Brasil, fundamentos, aplicações e perspectivas.** Rio de Janeiro: [s.n.].

PIÑAS, J. A. V. et al. Aterros sanitários para geração de energia elétrica a partir da produção de biogás no Brasil: comparação dos modelos LandGEM (EPA) e Biogás (Cetesb). **Revista Brasileira de Estudos de População**, 2016.

PRADO, M. A. C.; CAMPOS, C. M. M.; SILVA, J. F. DA. Estudo da variação da concentração de metano no biogás produzido a partir das águas residuárias do café. **Ciência e Agrotecnologia**, 2010.

RABONI, M.; URBINI, G. Production and use of biogas in Europe: a survey of current status and perspectives. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 2014.

SCHIRMER, W. N. et al. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from recife (Brazil) landfill: Evaluation in refuse of diferent ages. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 2014.

YANG, Y.; ZHANG, P.; LI, G. **Regional differentiation of biogas industrial development in ChinaRenewable and Sustainable Energy Reviews**, 2012.

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE METANO A PARTIR DA VINHAÇA AVALIANDO DIFERENTES TIPOS DE ALCALINIZANTES

Brenno Vinicius de Medeiros Lima[1]; Gabriela Pereira de Freitas[2]; Danilo Herculano da Silva[3]; Maria Paula Cardeal Volpi[4]; Bruna de Souza Moraes[5]

Universidade Estadual de Campinas - Campinas-SP
brenno.ufersa@hotmail.com

Resumo

A vinhaça, resíduo proveniente da produção de etanol, é usualmente aplicada no solo como fertilizante para o cultivo da cana-de-açúcar. Porém, essa aplicação pode resultar em impactos ambientais consideráveis, tendo em vista a alta concentração de matéria orgânica presente neste resíduo. Uma alternativa para esse problema é o tratamento da vinhaça por meio da digestão anaeróbia (DA), que possibilita a conversão de seu teor orgânico em biogás rico em metano. O objetivo deste trabalho consistiu em determinar o potencial de produção de metano (PBM) comparando o uso de três alcalinizantes diferentes: hidróxido de sódio (NaOH), bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e trietalonamina ($C_6H_{15}NO_3$). Os resultados mostraram que não houve variação significativa no PBM em relação ao alcalinizante; entretanto, os ensaios com trietalonamina apresentaram uma maior eficiência na remoção de material orgânico em termos de sólidos voláteis totais. Verificou-se também que a quantidade de trietalonamina foi três vezes superior à de hidróxido e sódio, enquanto o bicarbonato de sódio foi cinco vezes maior. Contudo, o custo da trietalonamina é muito inferior ao hidróxido de sódio, podendo ser uma alternativa atrativa como alcalinizante para o processo de DA, além de apresentar o efluente biodigerido com menor concentração de matéria orgânica.

Palavras-chave. Biogás. Digestor anaeróbio. Sólidos voláteis. Potencial Hidrogeniônico. Metano.

Introdução

Atualmente a vinhaça é utilizada como fertilizante na lavoura de cana-de-açúcar, devido a presença de nutrientes e matéria orgânica, sendo visto como o mais simples processo de reuso viável economicamente. Porém esta prática pode causar impactos ambientais, como percolação/lixiviação no solo, emissão de gases do efeito estufa, entre outros (MORAES et al, 2015). Como alternativa, a DA da vinhaça pode minimizar o teor de matéria orgânica além de produzir biogás, que pode ser convertido em energia (elétrica, térmica ou biocombustível).

A acidez e alcalinidade são fatores importantes para a DA, sendo mensuradas através do potencial hidrogeniônico (pH). Os microrganismos envolvidos na DA sofrem influência dos meios ácidos e alcalinos, sendo que variações bruscas de pH podem inibir o crescimento microbiótico (GEHRING, 2014). Além disso, no caso da vinhaça, o uso de alcalinizantes é intensivo, uma vez que esta possui pH ácido e necessita de quantidades consideráveis para

mantê-lo neutro e tamponado. Dependendo do valor econômico do alcalinizante, seu uso pode até mesmo inviabilizar projetos de DA a partir de vinhaça em biorrefinarias de cana-de-açúcar (JUNQUEIRA et al, 2015).

Desta forma, este trabalhou avaliou a utilização de diferentes alcalinizantes e sua influência na DA de vinhaça, assim como as quantidades necessárias para neutralizar o pH dos ensaios.

Material e Métodos

O trabalho foi dividido em 4 partes experimentais: coleta do inóculo e substrato, aclimatação do inóculo, inoculação da mistura em frascos, monitoramento analítico dos reatores de PBM. A padronização de um método torna-o certificado, sendo os resultados obtidos por meio deste mais confiáveis. Desta forma, existem diversas metodologias já aplicadas e padronizadas, possuindo certificação internacional. A metodologia adotada para o estudo foi alemã (VDI 4630) (ALENCAR, 2017; WANG, 2016).

Coleta do inóculo e substrato

O inóculo e a vinhaça foram coletados na usina de Iracema (Iracemápolis – SP), que possui um biorreator anaeróbio de alta taxa (BIOPAQ® IC, Paques), operado em temperatura mesofílica (30°C), para o tratamento da vinhaça.

Aclimatação do inoculo

A aclimatação do inóculo mesofílico na temperatura de operação do experimento (55°C) ocorreu durante 7 dias, antes do preparo do ensaio nos frascos. Partindo inicialmente da temperatura de 30°C, foram gradativamente elevados 5°C/dia até atingir 55 °C, a qual foi mantida constante até o término dos 7 dias. Segundo GOMEZ e CORTEZ, 2008, variações bruscas de temperatura acima de 5°C por dia podem interromper a atividade das bactérias favorecendo a formação de ácidos voláteis não digeridos.

Inoculação da mistura em frascos

Após a etapa de aclimatação, o experimento foi realizado em triplicatas para cada alcalinizante analisado, utilizando celulose como controle e ensaio apenas com inóculo como branco, totalizando 15 frascos, de 1L. A caracterização gravimétrica do inóculo e vinhaça, foi determinada previamente a fim de garantir a proporção de 2:1 entre os sólidos voláteis totais do inóculo e substrato, como definido pela metodologia VDI 4630. Na Tabela 1 encontra-se a caracterização gravimétrica da série de sólidos do inóculo de da vinhaça.

Tabela 1 – Caracterização gravimétrica da série de sólidos do inóculo, vinhaça e celulose (controle): sólidos totais (ST), sólidos fixos totais (SFT), sólidos voláteis totais (SVT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV), em g L^{-1}.

Substrato	ST	SFT	SVT	SST	SSF	SSV
Inóculo	15.4	7.8	7.6	11.2	1.6	9.5
Celulose	287.1	0.0000	287.0	-	-	-

Vinhaça	26.0	7.7	18.4	0.4	0.0000	0.4

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados frascos Duran de 1L, sendo o volume útil de 400 mL e *headspace* de 600 mL. A Tabela 2 apresenta os valores volumétricos e gravimétricos distribuídos nos frascos totalizando os 400 mL de volume de trabalho.

Tabela 2 – Distribuição gravimétrica e volumétrica da mistura nos frascos.

Reator	Inóculo	Substrato
Inóculo	400 mL	-
Inóculo + Celulose	395 mL	1.57 g
Inóculo + Vinhaça	331.5 mL	68.5 mL

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Para a correção do pH próximo da neutralidade foram utilizados 3 tipos diferentes de alcalinizantes: trietanolamina ($C_6H_{15}NO_3$), hidróxido de sódio (NaOH) e bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$). Ácido sulfúrico (H_2SO_4) foi utilizado para corrigir o pH dos ensaios que estavam levemente básicos. Logo em seguida foi fluxionado nitrogênio (N_2) por 3 minutos no volume de trabalho e 5 minutos no *headspace*, afim de garantir que o meio estivesse anaeróbio, e por fim, os frascos foram incubados em estufa a 55°C, simulando a temperatura de operação em escala real.

Monitoramento analítico dos ensaios de PBM

O monitoramento analítico do processo foi feito através da determinação do volume de biogás produzido e análise da composição deste. Para mensurar o biogás produzido utilizou-se uma Super Seringa Hamilton de 1L. Para a análise da composição do biogás utilizou-se cromatógrafo gasoso (CG) da CONSTRUMAQ, modelo U-13. O volume de injeção das amostras era de 3 mL, tendo como respostas picos de N_2, CH_4 e CO_2 que ocorrem durante o tempo de corrida dentro da coluna Hayesep D. A partir da área dos picos foi obtida a composição do gás. As frações de CH_4 presentes nas amostras foram avaliadas tendo como referência a curva de calibração construída previamente.

Resultados e discussão

Após a correção do pH para próximo a neutraliza, verificou-se que a quantidade de trietalonamina foi três vezes superior à de hidróxido e sódio, enquanto o bicarbonato de sódio foi cinco vezes maior como demonstra a Tabela 3 - Média do pH dos ensaios em triplicata antes e após a adição dos alcalinizantes (inicial e final) e a correspondente concentração da solução e quantidade utilizada para correção do pH.

Tabela 3 – Características dos Reatores

Reator	Correção	pH Inicial	DP	pH Final	DP
Inóculo	1 mL de H_2SO_4 1 M	8.12	0.0586	7.91	0.0000
Inóculo e Celulose	1 mL de H_2SO_4 1 M	8.19	0.0551	7.91	0.0000
Inóculo e Vinhaça com NaOH	0.2 g de NaOH	7.22	0.0289	7.53	0.0289
Inóculo e Vinhaça com $NaHCO_3$	0.6 g de $C_6H_{15}NO_3$	7.25	0.0252	7.52	0.0462

Inóculo e Vinhaça com $C_6H_{15}NO_3$	0.9445 g de $NaHCO_3$	7.17	0.0416	7.49	0.0000

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Um fato importante a ser avaliado é referente ao custo de mercado desses alcalinizantes. Atualmente, o alcalinizante mais utilizado no processo de DA é o NaOH. No entanto, o $C_6H_{15}NO_3$ possui um custo médio de 38,70% inferior ao NaOH e 30,0% inferior ao $NaHCO_3$, podendo tornar-se um possível substituto para os mesmos durante o processo de DA.

A produção acumulada de metano está estritamente relacionada com o tempo decorrido do ensaio, que foi de 100 dias. O teste ocorreu até que a variação da produção de biogás acumulada permanecesse inferior a 1%.

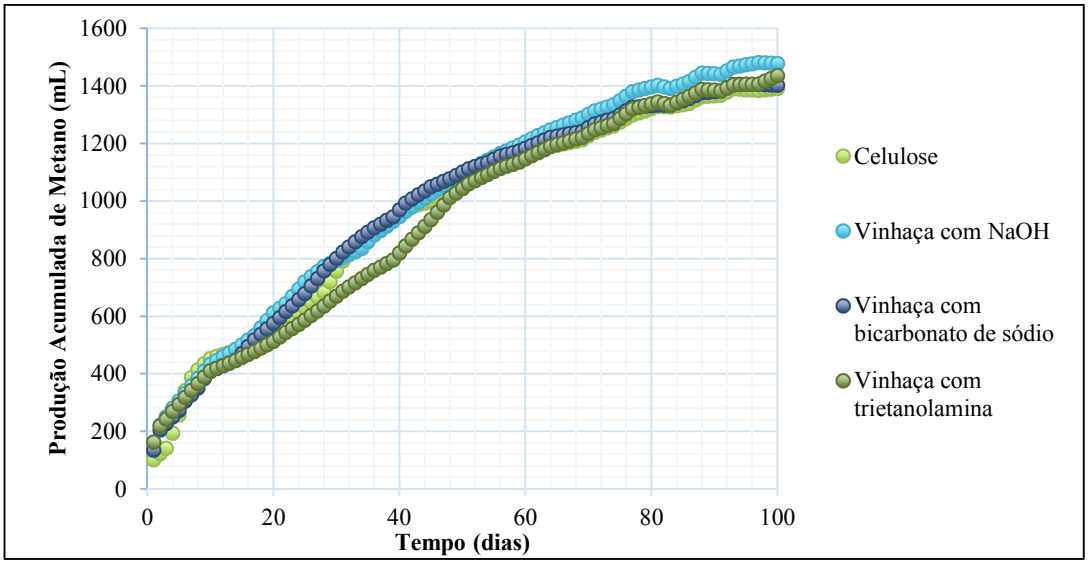
Os volumes acumulados de biogás e metano durante o tempo de operação estão expressos na Tabela 4 e representados graficamente na Figura 1, respectivamente, com o interesse de destacar as diferenças de produção acumulada de biogás, composição e produção de metano.

Tabela 4 – Produção acumulada de biogás.

Reator	Produção Acumulada de Biogás (mL)	% Média de Metano no Biogás
Inóculo	2584	18.05%
Inóculo e Celulose	3361	55.27%
Inóculo e Vinhaça com NaOH	3213	60.52%
Inóculo e Vinhaça com $NaHCO_3$	3230	57.87%
Inóculo e Vinhaça com $C_6H_{15}NO_3$	3214	59.18%

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Figura 1 - Produção acumulada de metano



Fonte: Autoria Própria, 2019.

Pode-se verificar que o comportamento da produção acumulada de metano foi similar para os diferentes tipos de alcalinizantes, sendo observado apenas no ensaio com trietalonamina um ligeiro retardo na produção entre o vigésimo dia até o quinquagésimo quinto dia. Verificou-se que os ensaios de vinhaça com NaOH produziram em média 75 mL de metano a mais em relação ao ensaio com bicarbonato de sódio, e 43 mL a mais em relação ao ensaio com trietalonamia.

As análises de cromatografia mostraram resultados da média da composição de metano entre 18,05% para os ensaios com inóculo isolado (branco), 55,27% para a mistura de inóculo e celulose, 60,52% para o ensaio com NaOH, 57,87 % para o ensaio com $NaHCO_3$, e 59,18% para o ensaio com $C_6H_{15}NO_3$. De acordo com a metodologia utilizada é necessário utilizar a média da composição de metano, para avaliar sua produção no decorrer do tempo de operação. A Tabela 5 expressa as análises feitas durante 100 dias assim como o desvio analítico das composições mensuradas.

Tabela 5 – Análise da composição de metano no biogás, durante 100 dias de operação.

Composição Média de Metano no Biogás					
	Inóculo	**Celulose**	**Vinhaça com NaOH**	**Vinhaça com $NaHCO_3$**	**Vinhaça com $C_6H_{15}NO_3$**
	11.46%	42.21%	53.43%	53.85%	55.65%
	15.27%	47.25%	56.57%	56.57%	56.29%
	17.01%	52.85%	63.20%	63.20%	58.00%
	19.62%	54.68%	63.50%	-	58.25%
	20.24%	58.21%	65.90%	-	61.47%
	20.36%	58.30%	-	-	65.42%
	22.40%	64.04%	-	-	-
	-	64.62%	-	-	-
Média	18.05%	55.27%	60.52%	57.87%	59.18%
DP	0.03736	0.07776	0.05265	0.04809	0.03667

Fonte: Autoria Própria, 2019.

A eficiência de remoção de sólidos voláteis totais em relação ao alcalinizante utilizado, no decorrer de 100 dias, está apresentada na Tabela 6. Verificou-se que o ensaio com $C_6H_{15}NO_3$ teve uma maior remoção de STV em relação aos demais, e portanto, o biodigerido, neste caso, teria um menor teor de matéria orgânica que poderia resultar em redução de impactos ambientais provenientes de seu uso no solo como fertilizante.

Tabela 6 – Eficiência de remoção de STV

Reator	**Eficiência de remoção de STV**
Vinhaça com NaOH	72.3%
Vinhaça com $NaHCO_3$	70.1%
Vinhaça com $C_6H_{15}NO_3$	77.1%

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Conclusões

A produção acumulada de metano a partir da vinhaça foi similar em todos os ensaios referentes aos alcalinizantes avaliados. Porém, os ensaios contendo $C_6H_{15}NO_3$ apresentaram maior remoção de material orgânico (em termos de STV), sinalizando queque o biodigerido teria uma melhor qualidade para aplicação no solo. Além disso, a ausência de sais iônicos e a presença de um grupamento amina na $C_6H_{15}NO_3$ como alcalinizante e pode ser fator que contribua para seu uso como alcalinizante, em função de questões de saturação do solo e de nutrição para a planta, respectivamente.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo nº2016/16438-3 e pelo Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e Extensão (FAEPEX) processo nº 2131/18.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, L, C., Potencial bioquimico da produção de metano da fração biodegradável dos resíduos sólidos urbanos de campinas-SP. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2017.

CORTEZ, L, A, B; LORA, E, E, S; GOMEZ, E, O., Biomassa para energia. Editora Unicamp. Universidade de Campinas. SP. 2008.

JUNQUEIRA, T; MORAES, B, S;GOUVEIA, V, L, R; CHAGAS, M, F; MORAIS, E, R; WANTANABE,M, D, B; et al., Use of VSB to Plan Research Programs and Public Policies. In: Bonomi, A., Cavalett O, Pereira da Cunha M, Lima M, editors. Virtual Biorefinery An Optim. Strateg. Renew. Carbon Valorization, Springer; 2015.

GEHRING, G, C., Analise da geração de energia elétrica a partir do biogás produzido na fermentação anaeróbica de vinhaça. Trabalho de conclusão de curso, Universidade de São Paulo, SP, 2014.

MORAES, S, B; Zaiat, M; Bonomi, A. Anairobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brasil: callage and perspectives, 2015.

WANG, B. Factors that Influence the Biochemical Methane Potential (BMP) test: Steps towards the Standardisation of BMP Test. 2016.Tese de Doutorado – LUND University. Suécia.

Potencial de uso da biomassa florestal na geração de energia térmica e elétrica pela indústria do estado do Rio de Janeiro

Daniela Higgin Amaral[1], Camila Savastano de Queiroz[2], Gabriel Browne de Deus Ribeiro[3], Sebastião Renato Valverde[4]

[1]*Universidade Federal de Viçosa, danihiggin@gmail.com*

[2]*Universidade Federal de Viçosa*

[3]*Universidade Federal de Viçosa*

[4]*Universidade Federal de Viçosa*

Resumo

Com o intuito de servir como instrumento de apoio para elaboração de políticas públicas de incentivo ao uso da biomassa florestal como insumo energético em substituição aos combustíveis fósseis, este trabalho teve o objetivo de analisar a viabilidade do uso da biomassa florestal na cogeração de energia termelétrica pelo setor da indústria de transformação do estado do Rio de Janeiro. Realizou-se uma busca na literatura objetivando: determinar as principais características do setor elétrico brasileiro, seus agentes e os principais aspectos do mercado de energia no país; a participação da biomassa florestal nos mercados de energia brasileiro e fluminense e suas principais propriedades; pesquisar o conhecimento existente sobre os elementos técnicos da cogeração de energia termelétrica a partir da biomassa florestal, destacando as principais rotas de conversão energética e as tecnologias de conversão em energia termelétrica; traçar um panorama da silvicultura no estado do Rio de Janeiro a fim de identificar seu potencial de crescimento e analisar a matriz elétrica estadual e suas emissões de gases do efeito estufa. Realizou-se uma amostragem em 59 empreendimentos da indústria de transformação identificando um consumo de 483,8 toneladas de vapor por hora em 43 empresas. Posteriormente, utilizou-se base de dados geográficos, de diferentes fontes, para evidenciar a existência de cerca 62.124,20 hectares de áreas de pastagens degradadas nos municípios fluminenses determinando quais regiões no estado apresentam aptidão ou vocação para a implantação de florestas energéticas. Em seguida, estimou-se o potencial teórico de produção de biomassa em 3.345.149,23 m3/ano e um potencial técnico de geração de energia termelétrica na ordem de 65.623,05 MWh/ano. Para a estimativa da demanda de madeira para a geração de energia térmica e elétrica foram traçados 3 cenários com diferentes combinações de processos de geração. Para o cenário A há uma demanda de 835.817,54 t/ano de cavacos o que corresponde a uma área de 6.823,00 ha. O cenário B demanda 1.251.244,50 t/ano de cavacos, sendo necessária uma área de 10.214,16 ha. E para o cenário C estimou-se uma demanda de 1.064.225,94 t/ano de cavacos em 8.678,52 ha. Posteriormente, foi feita uma análise comparativa dos custos de produção de vapor e determinou-se a diminuição dos custos quando se compara os diferentes principais combustíveis fósseis usados pelo setor industrial fluminense. Por fim, este trabalho preconiza que há significativo potencial do uso da biomassa florestal como fonte de energia termelétrica para o setor da indústria de transformação do estado do Rio de Janeiro em substituição aos combustíveis fósseis.

Palavras-chave. Cogeração. Bioenergia. Eucalipto. Cavaco.

Potencial energético de diferentes biomassas disponíveis no Brasil

Jorge Luis Dias dos Santos[1], Pâmela Coelho Tambani[2]

[1]*Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, jlsantos@ipt.br*

[2]*Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.*

Resumo

Este trabalho teve como objetivo caracterizar diferentes tipos de biomassas disponíveis no Brasil visando sua aplicação na cogeração de energia. Foram analisadas 98 amostras para as características de poder calorífico e teores de hidrogênio, enxofre e cinzas. Os resultados evidenciaram a variação do potencial energético existente entre as biomassas e a forte influência dos teores de cinzas e umidade na energia resultante da combustão. O teor de enxofre também foi quantificado e, com exceção da cama aviária, apresentou resultados baixos, que corroboram com a redução das emissões de SO_x.

Palavras-chave. Caracterização. Poder calorífico. Fontes renováveis. Cogeração de energia.

Introdução

Devido à crescente necessidade de uma matriz energética mais limpa e renovável e visando a mitigação dos impactos ambientais, a biomassa representa uma importante fonte alternativa para o Brasil devido à elevada quantidade de resíduos gerados nos setores agrícola, industrial e urbano (PEREIRA et al., 2015; BONASSA et al., 2018; FERREIRA et al., 2018).

A utilização da biomassa corroborará também com as políticas estabelecidas no país referente às metas relativas à energia renovável. Sendo assim, o Brasil precisará manter sua taxa crescente de produção de biomassa visando atender a demanda interna e também o mercado internacional (WELFLE, 2017).

Sabe-se que a combustão da biomassa é fortemente afetada pelas suas propriedades físico-químicas. Portanto, é necessário controlar as variações dessas características para otimizar o uso da biomassa para geração de energia (DEBONI et al., 2019).

As características físico-químicas da biomassa podem variar consideravelmente dependendo do tipo de biomassa e do pré-tratamento aplicado. Como estas propriedades influenciam na escolha, do método e também no controle do sistema de combustão, é importante conhecer estes parâmetros para otimizar os processos. Uma das principais características é o poder calorífico que corresponde à energia na forma de calor liberada pelo material na combustão e é expresso de duas formas: o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI). O PCS considera que a água formada durante a reação de combustão, devido à reação que ocorre entre o hidrogênio presente na composição da amostra, é condensada e que o calor

gasto em sua evaporação é recuperado enquanto o PCI estabelece o potencial energético teórico contido no combustível pois desconta a energia gasta para a evaporação da água formada (IGNACIO et al., 2019).

O trabalho apresenta a caracterização de diferentes tipos de biomassa disponíveis no Brasil visando avaliar seu potencial energético.

Material e Métodos

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes (LCL) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT. As biomassas foram secas e moídas em moinho de facas tipo Willye para obtenção da granulometria de 60 mesh e as normas ASTM E1756 e ASTM E871 serviram de base para a determinação do teor de umidade das amostras de biomassa e madeira, respectivamente.

A determinação do teor de hidrogênio foi realizada com base na norma ASTM D5373, utilizando o analisador elementar da marca Thermo, modelo Flash 2000. Neste método, a amostra é submetida a uma combinação de elevada temperatura (950°C) com uma vazão de oxigênio (99,999% de pureza) de 20 mL/min, que resulta no processo de combustão da amostra. O detector de condutividade térmica (TCD) registra o sinal elétrico referente à concentração do elemento.

A norma ASTM D4239 foi utilizada como referência na determinação do teor de enxofre total. A análise foi realizada no equipamento LECO, modelo S-144 DR *Dual Range Sulfur Analyzer* pela combustão da biomassa à 1350 °C e subsequente análise do gás produzido. No processo de combustão, o enxofre é convertido em SO_2 e detectado pela célula de infravermelho.

A determinação do teor de cinzas foi realizada com base nas normas ASTM E1755 e ASTM D1102 para as amostras de biomassa e madeira, respectivamente. Neste ensaio as cinzas foram obtidas pela combustão da biomassa em mufla elétrica, marca Fornitec, a 550°C até obtenção de massa constante.

A determinação do poder calorífico superior foi realizada em bomba calorimétrica, utilizando o equipamento marca Parr, modelo 6400 pela combustão de 1 g de amostra compactada e subsequente quantificação da energia liberada. Para esta determinação a norma ASTM D5865 foi utilizada como referência.

Os ensaios foram realizados em duplicata para obtenção da média.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização das biomassas. Para alguns materiais foram ensaiados um número maior de amostras e a média obtida foi reportada na tabela. Os resultados apresentados estão em base seca, ou seja, referem-se às biomassas isentas de

umidade. Para o cálculo do poder calorífico inferior, foram utilizados os resultados obtidos nos ensaios de poder calorífico superior e do teor de hidrogênio.

Tabela 1: Caracterização de diferentes biomassas disponíveis no Brasil

Biomassa	nº amostras	Hidrogênio (% massa)	Enxofre (% massa)	Cinzas (% massa)	PCS (MJ/kg)	PCI (MJ/kg)
Bambu	2	6,36	<0,1	0,6	19,3	18,0
Sorgo	1	6,61	<0,1	3,0	17,7	16,4
Capim elefante (baixo teor de cinzas)	1	6,25	<0,1	3,2	18,9	17,6
Capim elefante (alto teor de cinzas)	1	5,75	0,17	10,9	17,6	16,4
Algodão	3	6,07	<0,1	3,8	18,8	17,5
Bagaço de uva	1	6,12	0,2	5,7	20,0	18,7
Bagaço de cana (cinzas até 5% massa)	28	6,00	<0,1	3,2	18,9	17,6
Bagaço de cana (cinzas de 5% massa a 9% massa)	12	5,95	<0,1	6,1	18,2	16,9
Bagaço de cana (cinzas de 9% massa a 17% massa)	4	5,51	<0,1	11,8	17,2	16,0
Fibra de dendê	1	6,24	<0,1	3,5	20,4	19,0
Sabugo de milho	2	6,00	<0,1	2,4	18,8	17,6
Caroço de açaí	1	6,81	0,11	1,2	18,8	17,4
Casca de soja	1	6,34	0,12	6,1	17,5	16,1
Casca de arroz	1	5,85	<0,1	8,8	18,1	16,9
Casca de amendoim	4	6,23	0,14	5,2	20,4	18,8
Palha de coco	1	6,31	0,14	5,1	20,2	18,9
Casca de coco (teor de cinzas ~1,8% massa)	1	6,09	<0,1	1,8	21,1	19,8
Casca de coco (teor de cinzas ~13% massa)	1	5,17	<0,1	13,1	17,5	16,4
Casca de coco (teor de cinzas ~27% massa)	1	4,65	<0,1	26,7	14,8	13,8
Cama aviária	1	4,51	0,57	27,2	12,8	11,8
Casca de eucalipto	3	5,53	<0,1	12,2	16,5	15 3
Casca de Pinus	1	6,30	<0,1	0,4	20,4	19,0
Madeira (cavaco e lenha)	18	6,32	<0,1	1,1	19,6	18,2
Serragem	2	6,35	<0,1	1,0	19,8	18,4
Poda de árvore	1	6,15	<0,1	3,1	20,7	19,4
Palha de milho	4	6,11	0,12	3,4	18,6	17,3
Palha de arroz	1	5,32	<0,1	18,1	15,5	14,4

Os resultados de teor de hidrogênio dos materiais estudados variou na faixa de 5 e 6 % m/m. Como na etapa de crescimento da biomassa o hidrogênio está associado à formação de

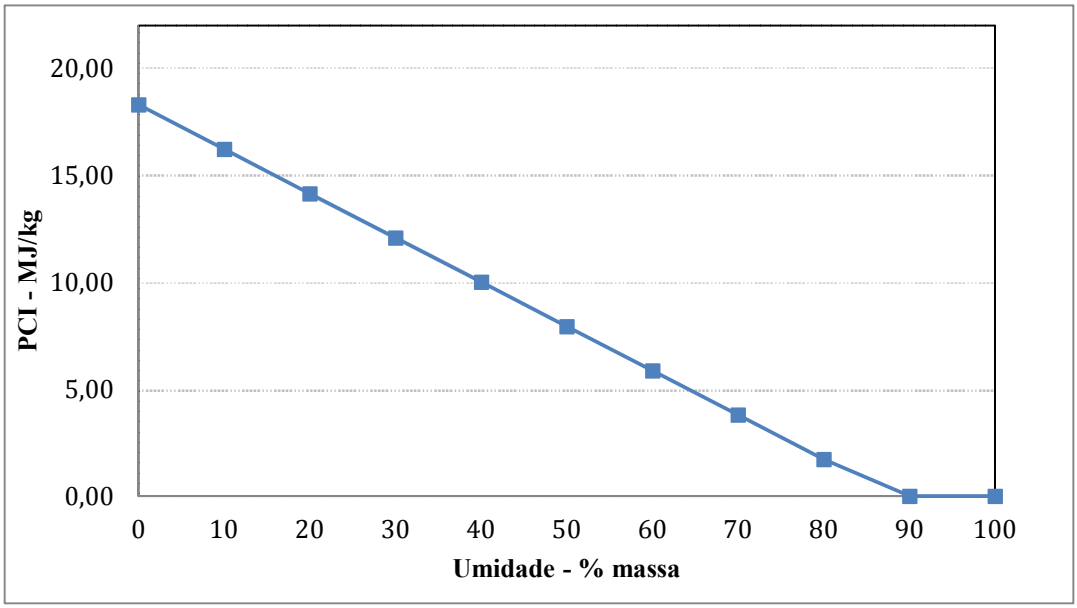
celulose, hemicelulose e lignina, ele corrobora com a elevação do potencial energético. Em contra partida, na reação de combustão da biomassa, o hidrogênio afeta negativamente o potencial energético devido à formação de água (OBERNBERGE et al., 2005).

As biomassas também apresentaram teores de enxofre baixos, o que representa uma vantagem devido à redução das emissões de SOx e a diminuição dos problemas relacionados à corrosão nos sistemas de combustão. O teor de enxofre mais elevado observado foi cama aviária, que é composta por substrato (restos de culturas agrícolas), excrementos, restos de ração e penas, apresentando teores de diversos minerais em sua composição, como o enxofre.

Os resultados de poder calorífico superior e inferior apresentados na tabela evidenciam a variação do potencial energético das diferentes biomassas e a relação de proporcionalidade inversa existente entre o poder calorífico e o teor de cinzas. O teor de cinzas representa os resíduos incombustíveis, como minerais e outros materiais inorgânicos e varia consideravelmente em função do tipo e da qualidade da biomassa. Na prática, representam o material a ser removido das caldeiras e estão associadas aos problemas de incrustrações e corrosão dos sistemas de combustão (IGNACIO et al, 2019; DEBONI, 2019).

Além das cinzas, o teor de umidade também exerce uma forte influência no PCI, como pode ser observado na Figura 1 na qual o PCI de uma amostra de madeira é corrigido para base úmida considerando diferentes teores de umidade.

Figura 1: Poder calorífico inferior em base úmida para diferentes teores de umidade.



A relação de proporcionalidade inversa é obtida porque parte da energia gerada na combustão é consumida na evaporação da água presente na biomassa (Ignácio, 2019). Outra desvantagem da utilização de biocombustíveis com elevado teor de umidade é o tamanho da caldeira que precisa ser maior devido à redução da eficiência (Deboni et al, 2019). A umidade

de cada biomassa estudada não foi apresentada porque esta característica é muito variável devido à influência de diversos fatores como: tipo da biomassa, clima, tempo e condições de armazenamento e transporte (Brito et al, 1979).

Conclusão

Os resultados apresentados confirmam que as biomassas disponíveis no Brasil apresentam um elevado potencial energético para serem utilizadas como fontes de energia. No entanto, existem grandes variações no poder calorífico devido às diferenças químicas e físico-químicas inerentes a cada tipo de biomassa. O teor de cinzas, que representa a fração inorgânica presente no material e que não contribui no processo de combustão, e o teor de umidade, que acarreta em um consumo de energia para sua evaporação, são fatores que afetaram negativamente o potencial energético.

Referências Bibliográficas

ASTM D 1102-84, "Standard Test Method for Ash in Wood". (2013) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D 5865."Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke". (2013) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D4239. "Standard Test Method for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion". (2017) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

ASTM D5373, "Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Laboratory Samples of Coal", (2016) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E 1755-01. "Standard Test Method for Ash in Biomass", (2015) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E 1756-08. "Standard Test Method for Determination of Total Solids in Biomass". (2015) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

ASTM E 871, "Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels". (2013) *American Society for Testing and Materials*. West Conshohocken, PA, USA.

BONASSA, G., SCHNEIDER, L. T., CANEVER, V. B., CREMONEZ, P. A., FRIGO, E. P., DIETER, J., TELEKEN, J. G. (2018) Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 82; 2365-2378.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. (1979) Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. *IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*. FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS. Piracicaba – SP. Circular Técnica N° 52.

DEBONI, T. L., SIMIONI, F. J., BRAND, M. A., LOPES, G. P. (2019) Evolution of the quality of forest biomass for energy generation in a cogeneration plant. *Renewable Energy*, 135; 1291-1302.

FERREIRA, L. R. A,, R.B. OTTO, R. B., SILVA, F. P., SOUZA, S. N. M., SOUZA, S.S., JUNIOR, O. H. A. (2018) Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94; 440-455.*

IGNACIO, L. H. S., SANTOS, P. E. A., DUARTE, C. A. R. (2019) An experimental assessment of Eucalyptus urosemente energy potential for biomass production in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103; 361-369.

OBERNBERGER, I.; BRUNNER, T.; BARNTHALER, G. (2005) Chemical properties of solid biofuels-significance and impact. *In: Biomass & bioenergy,* Amsterdam, v. 30, n. 11, p. 973-982.

PEREIRA, S. C., MAEHARA L., MACHADO C. M. M., FARINAS, C. S. (2015) 2G Ethanol from the whole sugarcane lignocellulosic biomass. *Biotechnology for Biofuels*, v. 8, p.1-16.

WELFLE, A. (2017) Balancing growing global bioenergy resource demands - Brazil´s biomass potential and the availability of resource for trade. *Biomass and Bioenergy*, v. 105, p.83-95.

Potencial energético do bambu, como alternativa sustentável para aplicação em sistemas agrossilviculturais e agricultura familiar

Fernando Eduardo Kerschbaumer[1], Jaqueline Aparecida Schilipake[2]

[1]*Universidade Positivo (Programa de Mestrado e Doutorado em Administração) e Uninter Educacional (Professor), fernando@laboralconsultoria.com.br*

[2]*Centro Universitário Internacional - Uninter*

Resumo

O bambu é uma planta com potencial para promover o empreendedorismo e a geração de renda na agricultura familiar, uma vez que possui fácil adaptação, crescimento rápido e constante, com várias espécies catalogadas ao longo do mundo, podendo gerar renda através de diversas aplicações, além da geração de energia. A agricultura familiar demanda alternativas que complementem a renda de seus participantes, permitindo diversificar e agregar valor, proporcionando, com o empreendedorismo o poder das coisas novas no movimento econômico (SCHUMPETER, 1934). Este trabalho é produto de dissertação de mestrado em Bioenergia, e apresenta características químicas e o poder calorífico de bambus de duas espécies plantadas no Brasil – Phyllostachys nigra cv henonis (Hatiku) e Phyllostachys pubescens (Mossô), para demonstrar potencial de sua utilização para produção de energia. Os resultados mostraram a variação dentro das duas espécies: o teor de lignina de 23,53% a 23,83%, teor de holocelulose entre 44,96 e 52,18%, teor de cinzas variando de 0,81% a 1,32% e o poder calorífico superior obtido foi de 4.570 Kcal/Kg para o Hatiku e 4.576 Kcal/Kg para o Mossô. Estes valores, em comparação com outras fontes de biomassa, demonstram alto potencial energético para as espécies, motivando estudos de produtividade (área/tempo) e sobre aplicação em sistemas agrossilviculturais que possam orientar para esta cultura, inovando e diversificando a cadeia produtiva em propriedades rurais familiares.

Palavras-chave. Hatiku, Mossô, propriedades, poder calorífico, análise química

Introdução

Com vistas a expandir o parque energético nacional e garantir níveis de crescimento e desenvolvimento econômicos positivos, fontes de energia alternativas estão sendo pesquisadas e vêm ganhando incentivo político dos países, principalmente nos investimentos públicos e privados (BORGES, 2010).

É importante compreender que equilíbrio humano e a sustentabilidade devem estar à frente da busca pelo crescimento econômico, para que possamos ter uma melhor perspectiva futura (DIETZ e O'NEI, 2013).

O bambu pode ser destacado, como uma fonte alternativa, pelas propriedades similares à madeira e outros materiais lignocelulósicos em termos de teor de carbono e

potencial calorífico (NMBA, 2005), e por também apresentar vantagem econômica, devido ao seu rápido crescimento, que ocorre em apenas alguns meses, alcançando sua máxima resistência mecânica em poucos anos.

Há abundância da ocorrência de bambu, tanto em regiões tropicais como em regiões subtropicais do globo (GHAVAMI, 2004). Destaca-se o Brasil como país com maior diversidade de espécies de bambu da América Latina (JAHN, 2001), no entanto, ainda não há exploração comercial significativa, quando em comparação com os usos que se fazem em outros países, como China e Índia.

A utilização do bambu como biomassa para queima é uma possibilidade alternativa. Essa alternativa é viável e gera vários benefícios como o desenvolvimento econômico e exploração sustentável. Maiores informações tecnológicas são necessárias para o desenvolvimento industrial da aplicação do bambu como fonte de energia que pode representar um caminho para a elevação da renda e qualidade de vida de regiões pobres não só no Brasil, mas também nos demais países do mundo (BARBOSA et al., 2007).

Este artigo é produto de dissertação de mestrado, para a qual foram verificados o potencial de algumas espécies de bambu adaptadas ao Brasil, para a produção de energia, com a determinação das propriedades físicas e químicas das espécies Hatiku e Mossô; e a comparação do potencial das espécies com algumas das principais biomassas utilizadas comercialmente para obtenção de energia no Brasil.

Material e Métodos

As amostras de bambu foram provenientes de um plantio da Empresa Projeto Bambu, localizado no distrito de Volta Grande, no município de Rio Negrinho, Santa Catarina, com coordenadas aproximadas latitude: 26º28'39.0"S, longitude: 49°35'01.0"W e altitude: 950m. As espécies de bambu coletados foram: o Hatiku (*Phyllostachys nigra cv henonis*), e o Mossô (*Phyllostachys pubescens*). Foram retiradas cinco hastes de cada espécie, compostas por três colmos, com idade média de três anos. Cada colmo foi dividido em três partes iguais, cada parte para um tipo de análise diferente. Perfazendo assim 15 ensaios de cada análise para cada uma das espécies estudadas. Os ensaios foram realizados no laboratório de Energia e Biomassa do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, da Universidade Federal do Paraná.

As partes do colmo selecionadas para as análises químicas foram primeiramente transformadas em cavacos, posteriormente em serragem e classificadas. O preparo das amostras seguiu a norma TAPPI T264 (TAPPI, 2007). O teor de lignina foi determinado utilizando-se a norma TAPPI T222 (TAPPI, 2002); o teor de extrativos totais a norma TAPPI T204 (TAPPI, 1997) e o teor de cinzas foi determinado de acordo com a NBR 8112 (ABNT, 1983). Para determinação do poder calorífico superior, utilizou-se a norma ABNT NBR 8633 (ABNT, 1984). Para os ensaios utilizou-se uma bomba marca Ika Werke modelo C 5000 (Figura 6) com seu princípio de funcionamento adiabático, isoperibólico ou dinâmico. Os valores foram expressos em kcal/kg e as análises realizadas em duplicata. As amostras utilizadas nos ensaios do poder calorífico superior foram preparadas desde a trituração para obtenção de cavacos, passando pela moagem para transformação em serragem e a tamisação

para seleção de partículas. As partículas de madeira moídas classificadas abaixo de 60 mesh foram secas em estufa a 105 ± 2ºC até massa constante.

Resultados e discussão

Os valores encontrados para as propriedades químicas (Tabela 1) demonstram variação percentual entre as espécies analisadas em relação às propriedades que influenciam diretamente no processo de queima como a holocelulose e a lignina.

Tabela 1 – Composição química média dos bambus

Composição química (%)	Hatiku	Mossô
Teor de voláteis	78,62 a	77,06 c
Carbono Fixo	20,57 a	21,61 c
Teor de Cinzas	0,81 a	1,32 c
Teor de Lignina	23,83	23,53
Teor de Holocelulose	52,18	44,96

Letras iguais na mesma coluna não existe diferença estatística pelo Teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.
Fonte: O Autor

Os valores das propriedades químicas analisadas estão próximos aos relatados na literatura (LI, 2004). Os valores para o teor de lignina ficaram muito próximos aos encontrados para o *Phyllostachys nigra* (HIGUCHI, 1987; LI*, 2004)*. Comparando estes valores com outras espécies florestais, ressalta-se o teor de lignina, apesar de inferior para o *Pinus elliottii* e *Eucalyptus saligna*, tem percentuais bastante elevados na comparação com *Bambusa vulgaris,* que apesar de não ser nativo brasileiro, pois tem sua origem na China, é amplamente utilizado no Brasil.

O resultado médio do teor de lignina de 23,7% para a *Mimosa scabrella* (Bracatinga) é muito próximo aos resultados obtidos para os bambus analisados (PEREIRA e LAVORANTI, 1986). Também se compara esse teor de lignina com os das espécies estudadas por Higuchi (1955) citado por Li (2004).

O teor de holocelulose variou de 45% a 52% nas amostras analisadas, compara-se com os três materiais estudados por Beraldo e Azzini (2004) cujo teor de celulose variou de 49% a 55% e com os resultados de Higuchi (1955) citado por Li (2004), que apresenta valores de celulose para *Phyllostachys heterocycla* de 49,1%, *Phyllostachys nigra* 42,3% e *Phyllostachys reticulata* de 25,3%.

Para o teor de cinzas encontrado nas duas espécies estudadas o Hatiku apresentou 0,81% e o Mossô 1,32%. Quando comparados com outras espécies os resultados obtidos para o Hatiku e Mossô demonstraram que as espécies possuem menor teor de cinzas quando comparado com as espécies *Phyllostachys nigra, Phyllostachys reticulata, Bambusa vulgaris, Mimosa scabrella* (PEREIRA e LAVORANTI, 1986)*,* casca de palmito, fibra de coco, fibra de dendê e palmito.

JENKINS et al. (1998) aponta em seus estudos que quando do uso para fins energéticos, as cinzas que apresentarem menor índice percentual reduzem problemas como,

por exemplo, limpeza de equipamentos, aspectos operacionais entre outros, o que pode neste contexto, apontar vantagem no baixo teor de cinzas encontrado nas espécies aqui estudadas.

Feitosa Netto et al. (2006) realizou ensaio com 43 espécies de biomassas da Amazônia, obtendo resultados que variaram de um percentual de cinzas quase nulo, até aproximados 14%, destacando-se a casca de palmito com 5,86%, fibra de coco com 4,73%, fibra de dendê 4,20% e palmito com 6,12%. Essas espécies são comentadas, uma vez que são coprodutos de outros processos produtivos, e por isso devem ter destinação correta, que usualmente é a geração de energia.

A importância do teor de cinzas também é ressaltada por Brand et al. (2009), que explica que o preço da biomassa na empresa Tractebel Energia S/A possui cálculo baseado no teor de cinzas e no poder calorífico líquido (PCL), além dos custos logísticos, e identifica que o teor de referência de cinzas para as diversas biomassas varia de 1% a 8%.

Os resultados demonstram que os materiais estudados possuem características positivas para geração de energia, as propriedades químicas avaliadas, apresentam características equivalentes a outros materiais. Com a vantagem de possuir um alto teor de lignina, num curto prazo de crescimento (GRECO et al., 2011; NAKAJIMA et al., 2011; OKAHISA et al., 2011).

O teor de umidade encontrado para as duas espécies teve variação, e é verificado para possibilitar os cálculos de poder calorífico, identificando os resultados do potencial energético dos materiais. O Hatiku em base seca apresentou média (%) de 41,63, desvio padrão 1,43 e CV (%) 3,43, em base úmida, média (%) 29,39, desvio padrão 0,71 e CV (%) 2,41. O Mossô em base seca apresentou média (%) de 50,83, desvio padrão 2,24 e CV (%) 4,40 e em base úmida média (%) 33,69, desvio padrão 0,98 e CV (%) 2,91.

Os resultados encontrados para análise de poder calorífico (Tabela 2) comprovam que as espécies têm um bom potencial energético, e que apesar da variação de uma espécie para a outra, se considerados os desvios padrão, elas podem apresentar resultados muito parecidos no uso em escala industrial.

Tabela 2- Valores médios para poder calorífico superior, inferior (na base seca)

Espécies	Poder calorífico superior (PCS)			Poder calorífico inferior (PCI)		
	Média (kcal/kg)	Desvio padrão (%)	Coef. Var. (%)	Média (kcal/kg)	Desvio padrão (%)	Coef. Var. (%)
Hatiku	4569,9 a	43,16	0,94	4266,0 a	77,62	1,81
Mossô	4575,5 a	45,92	1,00	4241,2 a	97,52	2,30

Letras iguais na mesma coluna não existe diferença estatística pelo Teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.
Fonte: O autor

Com relação a outras espécies de bambu estudadas, o poder calorífico superior encontrado teve valores aproximados, principalmente na comparação com o próprio Mossô,

que foi estudado por Nagano et al. (2009) e Liu et al. (2012) com valor aproximado de 4.610 kcal/kg.

Os resultados encontrados para o poder calorífico das espécies analisadas indicam que esses materiais possuem potencial para a substituição às demais espécies vegetais, que são mais comumente utilizadas, no que diz respeito exclusivamente a esta propriedade. No entanto, o potencial energético não está somente atrelado ao poder calorífico, devendo inclusive o plantio ser adequado, para propiciar uma menor variação de todas as propriedades que podem influenciar no potencial energético.

Das espécies em estudo, o Mossô foi o que apresentou a melhor propriedade de poder calorífico superior, porém quando aplicados os coeficientes de variação e o teste de Tukey, nota-se que as espécies não possuem diferenças significativas. Ressalta-se que para o bambu, o poder calorífico também está atrelado a uma condição de rápida lignificação e alta quantidade de biomassa gerada.

Conclusões

As espécies analisadas apresentam potencial para a utilização como matéria prima para a produção de energia, sendo indicados para a composição da matriz de biomassa brasileira, podendo gerar interesse para sua aplicação na agricultura familiar, uma vez que esta aplicação pode ser somada às demais utilidades para este material.

A massa específica básica dos bambus é superior a diversas outras espécies florestais, demonstrando potencial para melhores condições nos custos logísticos. Os resultados das propriedades químicas também são positivos em seus diversos itens, sendo a lignina equivalente a outras espécies e o teor de cinzas inferior aos índices aceitáveis pela indústria. O poder calorífico apresentado confirma os demais resultados obtidos, validando as espécies estudadas como potenciais matérias primas para a produção de energia.

Relevante para a continuidade nos estudos econômicos para esta aplicação na agricultura familiar, é considerar que Loorbach (2007) coloca que a sustentabilidade, igualdade social, democracia e qualidade de vida devem estar presentes em todo o contexto da inovação social, modificando os padrões sociais, e possibilitando resultados que causem impacto na sociedade. A agricultura familiar possui características que possibilitam tal atuação.

Utilizando culturas alternativas, a agricultura familiar estará ao mesmo tempo ampliando seu potencial econômico para resultados, como também estará contribuindo em outros meios produtivos que poderão agregar valor a seus produtos, e assim proporcionando mais uma fonte alternativa de biomassa para a produção de energia.

Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8112:** Carvão vegetal - Análise imediata. Rio de Janeiro, 1983.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8633:** Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

BARBOSA, F. M., et al. **Produção de Carvão de Bambu: uma Alternativa Viável e Ambientalmente Sustentável**. Conferência Internacional Ciclo de Vida. São Paulo, 2007.

BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: Características e aplicações.** Guaíba: Livraria Editora Agropecuária, 2004.

BORGES, M. A. S. **Direito fundamental do acesso à energia na era da globalização.** Curitiba: Unibrasil, 2010.

BRAND, M. A. et al. **Parâmetros de controle e preço da biomassa florestal para a geração de energia.** Lages: Revista Pesquisa e desenvolvimento da Aneel, 2009.

DIETZ, R.; O'NEIL, D. W. **Enough is enough: building a sustainable economy in a world of finite resources**. London: Ed. Routledge, 2013.

FEITOSA NETTO, G. B. et al. **Caracterização energética de biomassas amazônicas.** Campinas: Encontro de energia no meio rural, 2006.

GHAVAMI, K. **Bambu as reinforcement in structural concrete elements**. Rio de Janeiro: Cement & Concrete Composites, 2004.

GRECO, T. M. et al. **Bambu – Cultivo e Manejo.** Florianópolis: Insular, 2011.

HIGUCHI, T. **Chemistry and Biochemistry of Bamboo**. Bamboo Journal, 1987.

JAHN, G. Microcurso M-20- **El Humilde Bambú- "Acero Vegetal"**. Segundo Congreso Virtual de Arquitectura. Caracas, 2001.

JENKINS, B. M. et al. **Combustion properties of Biomass**. Fuel Processing Technology, 1998.

LI, A. **Physical, chemical and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing.** Dissertação (Mestrado em ciências da escolar de recursos naturais renováveis). Louisiana, 2004.

LIU, Z. et al. **A comparative study of thermal properties of *sinocalamusaffinis* and moso bamboo.** Budapest, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012.

LOORBACH, D. **Transition Management: New mode of governance for sustainable development**. UD Druck. 2007.

NAGANO, M. et al. **Utilization of bamboo forest for a district energy resource: an example of *Phyllostachys pubescens***. Japan, Social Society for Social Management, 2009.

National Mission on Bamboo applications (NMBA).**Bamboo-based Charcoal production.** New Delhi: IS 03 09/05, 2005.

OKAHISA, Y. et al. **Effects of delignification in the production of plant-based cellulose nanofibers for optically transparent nanocomposites**. Tsurukabuto: Composites Science and technology, 2011.

PEREIRA, J. C. D.; LAVORANTI, O. J. **Comparação da Qualidade da madeira de três procedências de *Mimosa Scabrella Benth* para fins energéticos.** Colombo: Boletim de Pesquisa Florestal, 1986.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI).**T 204CM: Solvent extractives of wood and pulp**. Georgia, 1997.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI).**T 222 OM: Acid-insoluble lignin in wood and pulp**. Peachtree Corners, 2002.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI).**T 264 CM: Preparation of wood for chemical analysis**. Peachtree Corners, 2007.

Potencial rendimento na produção de lipídios para geração de energia a partir de microalgas cultivadas em diferentes tipos de águas residuais

Lourena de Almeida Oliveira Cruz[1], Eliseu Melo Carvalho Lacerda [2], Natália Ribeiro Melo [3] Isadora Machado Marques [4], Ícaro Thiago Andrade Moreira [5]

[1]*Mestre em Energia e professora adjunta da Universidade Salvador (UNIFACS), Salvador, Bahia, Brasil, e-mail: lourenacruz@hotmail.com*

[2]*Bacharelado Interdisciplinar em ciência e tecnologia – Universidade Federal da Bahia (UFBA)*

[3] *Engenheira Ambiental e Sanitarista – Universidade Salvador (UNIFACS)*

[4]*Mestranda em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – Universidade Federal da Bahia (UFBA);*

[5]*Doutor em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos – Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e professor adjunto da Universidade Salvador (UNIFACS).*

Resumo

A busca por soluções alternativas para o consumo do petróleo e a preocupação com a poluição ambiental reforçam cada vez mais a importância da produção comercial de produtos como os biocombustíveis. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de crescimento da biomassa microalgal, tendo como fonte de nutrientes a água residual do rio Camarajipe e o afluente da estação de tratamento de esgota (ETE) da cidade de Salvador, almejando estabelecer um rendimento na produção de lipídios extraídos da biomassa buscando viabilizar no abastecimento da cadeia produtiva de biocombustíveis. A biomassa seca quantificada em água residual do rio Camarajipe foi de 3,70g, já no afluente da estação de tratamento de esgoto foi de 6,06g. O rendimento de óleo extraído foi de 7,7% na biomassa proveniente do rio Camarajipe e de 8,7 % na biomassa proveniente da estação de tratamento de esgoto. Portanto o rendimento foi melhor em afluente da estação de tratamento de esgoto. Ademais o perfil de FAMEs produzidos a partir da microalga cultivada na água residual do rio Camarajipe mostrou-se adequado para a produção de biodiesel de 3ª geração.

Palavras-chave. Microalgas. Energia. Biocombustíveis. Água Residual. Lipídios.

Introdução

A excessiva dependência por combustíveis fósseis fez surgir debates sobre questões como a poluição atmosférica e a escassez dos recursos energéticos, direcionando a humanidade a procura de desenvolver tecnologias com finalidade de visar e produzir fontes de energias alternativas. Segundo Balanço Energético Nacional (2018) o Brasil se destaca por gerar 43,5% de sua matriz energética advinda de fontes renováveis, dentre todas, a produção de biocombustíveis tem ganhado cada vez mais destaque. Os biocombustíveis são divididos em

quatro gerações de acordo com a sua matéria-prima, aqui, nos interessa os biocombustíveis da 3ª geração, os quais são obtidos a partir do cultivo de microalgas, sendo que estas possuem capacidade de armazenar lipídios em suas células que depois de extraídos são transesterificados gerando biodiesel (MATA et al., 2010; HADDAD & FAWAZ, 2013). As microalgas são algas microscópicas fotossintetizantes. Algumas espécies apresentam metabolismo fotossintético obrigatório, porém outras são capazes de crescer sob condições heterotróficas na total ausência de luz com a presença de uma fonte de carbono orgânico. Os sistemas heterotróficos não dependem de luz, podendo propiciar a produção de bioprodutos, dentre esses produtos existe a produção e acúmulo de lipídios em suas células (SUALI & SARBATLY, 2012).

A escolha da fonte de carbono orgânico aplicado no processo industrial é decisiva no método de cultivo heterotrófico utilizado, a procedência desse nutriente configura um dos principais empecilhos para a aplicabilidade industrial. O substrato orgânico é responsável pelo maior custo do processo, podendo impossibilitar economicamente o desenvolvimento do processo.

Uma grande parte do setor de bioenergia vive uma expectativa pela consolidação das microalgas como fonte possível de biomassa para a produção de biocombustíveis. Dessa forma o cultivo de microalgas em água residual demonstra ser uma técnica viável, pois as microalgas absorvem os nutrientes necessários do meio como fósforo e nitrogênio e são capazes de assimilar poluentes orgânicos e inorgânicos do efluente e convertê-lo em componentes para a própria célula, tais como lipídios, proteínas e carboidratos, resultando na diminuição de poluentes e da produção de matéria-prima de biocombustíveis. O objetivo deste trabalho foi comparar o potencial de rendimento na extração de óleo derivados de biomassa microalgal, tendo como fonte de nutrientes a água residual do rio Camarajipe e o afluente de umas das estações de tratamento de esgoto da cidade de Salvador, com vista na viabilidade na produção de biodiesel.

Materiais e métodos

Pesquisa de campo

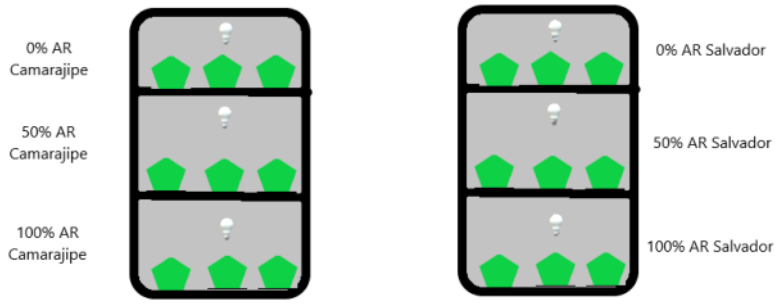
A coleta das amostras foi realizada utilizando frascos âmbar armazenados em uma caixa térmica para a sua conservação das condições naturais da amostra. As amostras coletadas foram levadas para o laboratório para filtração utilizando membrana de fibra de vidro de 0,45 µm para uma caracterização previa dos substratos presentes de interesse em um cromatografo de íons. A coleta das águas residuais foram feitas no médio curso do rio Camarajipe, pois este rio urbano recebe grandes concentrações de lançamento de efluentes domésticos (com alta carga orgânica). Outro ponto coletado foi o afluente da estação de tratamento de esgoto (ETE) localizado no bairro São Rafael da cidade de Salvador, Bahia, Brasil.

Trabalho experimental

1º etapa: Posteriormente a determinação dos pontos de coleta da água residual do rio Camarajipe e do afluente da estação de tratamento de esgoto (ETE) de Salvador, foi feito a montagem do experimento seguindo o desenho experimental ilustrado pela figura 1.

Cada concentração de água residual em ambos os testes foi feita em triplicata.

Figura 1. Concentrações diferentes de água residual proveniente do rio Camarajipe e água residual proveniente da estação de tratamento de esgoto



Fonte: Lacerda, 2019

As microalgas foram cultivadas em água residual do rio Camarajipe e em água residual proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Salvador, sendo esses ensaios realizados em triplicata, dessa forma, foram desenvolvidos 18 fotobiorreatores. As amostras coletadas foram homogeneizadas, filtradas e autoclavadas à 120°C durante 15 minutos para esterilização total dos microrganismos presentes de modo que avaliasse apenas o crescimento das microalgas. Os experimentos foram compostos por 3 concentrações diferentes de 0%, 50% e 100% para cada respectivo efluente. Os fotobiorreatores contendo 0% de água residual são o grupo controle, contendo apenas o meio de cultura.

O fotobiorreator é constituído por um Erlenmeyer de 3 litros, alimentado por bomba de aquário (Renze) com vazão de 3 l/min de forma a injetar CO_2 no meio e são fechados com gaze, com o intuito de permitir a troca gasosa sem a interferência de agentes externos. O experimento continha lâmpadas de 3 W de potência e 1500lux para emitir luz branca.

Foram feitas coletas diárias para acompanhamento da taxa de crescimento celular, calculada através da medida da densidade óptica em espectrofotômetro com curva de calibração relacionando densidade óptica e massa seca de biomassa para cada microalga. Além disso, foram realizadas medições diárias dos parâmetros: pH, luminosidade e temperatura. Para determinar a absorção de nutrientes pelas microalgas, foram feitas coletas nos tempos (T0, T7, T14 determinados em dias) para analisar concentração de nitrogênio e fósforo determinados a partir do cromatógrafo de íons.

Após a incubação de 15 dias, foi feito centrifugação das amostras com 4.000 rpm por 15 minutos, retirando o sobrenadante para separação da biomassa produzida. A biomassa concentrada após centrifugação foi secada a frio no liofilizador por 5 dias para quantificação.

2º etapa:

Extração do Lipídio

A extração do óleo da biomassa seca da microalga foi realizada através do uso do equipamento Soxhlet, seguindo a metodologia proposta por RAMLUCKAN; MOODLEY; BUX (2014). A biomassa seca cultivada na água residual do Rio Camarajipe e a biomassa seca cultivada no afluente bruto da estação de tratamento de esgoto (ETE) da cidade de Salvador, foram acondicionadas apropriadamente em tubos de vidro do Soxhlet e extraídas o óleo, posteriormente transferido para vials de 2 ml para quantificação do extrato..

3° etapa:

Análise do Lipídio Extraído

A análise da composição dos Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos (FAME),foi realizada apenas na amostra cultivada na água residual do rio Camarajipe através da Cromatografia Gasosa. Primeiramente, para preparação da amostra do extrato da biomassa seca, foi realizada a transesterificação dos lipídeos extraídos, utilizando como catalizador uma solução básica 2 Molar de NaOH em Metanol. O álcool utilizado na reação foi o Heptano.

Após a separação das fases do biodiesel+heptano e glicerina através da centrifugação das amostras, foi injetado a amostra em um Cromatógrafo a Gás, com injetor split/splitless, equipado com um Detector por Ionização em Chama (FID). As concentrações de FAMEs analisadas foram quantificadas através da comparação das áreas de pico com a do padrão que já tem áreas conhecidas e identificados pelos seus respectivos tempos de retenção. O conteúdo lipídico em ambas as amostras foi calculado através da equação que se segue:

$$\text{Concentração do lipídeo} = \frac{(Peso\ do\ lipídeo\ extraído}{Peso\ da\ biomassa\ seca)} \times 100 \quad \textbf{(Equação 1)}$$

Resultados

Quantificação da Biomassa Seca

O resultado da quantidade de biomassa seca, gerada após o cultivo de microalgas dulcícolas na água residual do rio Camarajipe e no afluente bruto da estação de tratamento de esgoto em Salvador geraram os seguintes valores (Tabela 1):

Tabela 1. Quantidade de biomassa seca

Água Residual do Rio Camarajipe	Água Residual da Estação de Tratamento Salvador
3,70 g	6,06g

Quantificação do Óleo

O resultado de conteúdo oleico obtido na extração de 3,70 g de biomassa seca da microalga após ter sido cultivada na água residual do rio Camarajipe foi de 0,26g correspondendo ao

rendimento de 7,70%. Em contrapartida o valor encontrado em porcentagem do lipídio extraído na extração de 6.06g da biomassa cultivada em efluente bruto da estação de tratamento de esgoto em Salvador foi de 0,57g correspondendo a 8,70% de rendimento de óleo.

Através de estudos bibliográficos foi encontrado uma faixa de porcentagem de óleo extraído a partir da biomassa seca que varia de 5-40% (KALHOR et al., 2016). O rendimento do lipídio produzido está diretamente ligado a disponibilidade de nutrientes como fósforo, carbono e nitrogênio no meio de cultivo utilizado, consequentemente, o afluente bruto da ETE – Salvador comparado com a água residual do rio Camarajipe possui uma maior quantidade desses nutrientes, o que foi determinante para um maior crescimento da biomassa e também um rendimento do óleo superior.

Qualificação dos Lipídios

Ao analisar a composição dos FAMEs presentes nos lipídeos esterificados da água residual do rio Camarajipe através da Cromatografia Gasosa, pode-se perceber que a composição de Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos das microalgas cultivadas neste estudo consiste basicamente dos ácidos graxos C16:0 (~29,75%), C18:0 (~4,23%), C18:1 (~28,34%), C18:2 (~31,75%), C18:3 (~4,51%) e C22:0 (~1,42%). O perfil obtido foi comparado com o perfil de ácidos graxos de biodiesel de soja para identificação dos mesmos. O perfil apresentado pela microalga mostra-se suficientemente adequado para produção de biodiesel de 3ª geração, que corresponde ao biodiesel gerado a partir de matérias-primas que não são utilizadas para alimentação. De acordo com MOHD-SAHIB et al. (2017), a matéria prima adequada para a produção de biodiesel deve ser rica nos ácidos graxos C16 à C18, denominados palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2) e linolênico (18:3).

A característica predominante dos FAMEs deste presente estudo é a maior presença dos ácidos Linoleico (~31,70%) e Oleico (~28,30%), que são ácidos graxos insaturados, que implicam em uma menor resistência do combustível produzido à oxidação, porém são ácidos graxos que melhoram as propriedades de fluidez do biodiesel (KNOTHE; KRAHL; GERPEN, 2015). No entanto, há uma alta taxa de ácido graxo saturado Palmítico (~29,70%), que apesar de ser pouco fluido, tem mais resistência a oxidação, o que poderia trazer um balanceamento em termos de proporção aos resultados encontrados dos ácidos graxos insaturados, podendo tornar o combustível mais estável (JOSE; ANAND, 2016). Porém, é necessário considerar a utilização de técnicas para aumentar essa estabilidade do biodiesel e aumentar sua eficiência, como a inserção de antioxidantes (SERRANO; MARTÍZEZ; ARACIL, 2013), a retirada de uma quantidade dos ácidos graxos insaturados ou o aumento da quantidade de ácidos graxos saturados.

Conclusão

As vantagens do uso das microalgas dulcícolas na produção de biocombustíveis deve-se à efetividade na produtividade e no uso inferior de água e espaço para cultivo, não competindo

com o plantio alimentício e consequentemente apresentando um balanço energético mais favorável, apresentam alta taxa de crescimento, biofixação de CO_2 e absorvem nutrientes de águas residuais, sem precisar do uso adicional de pesticidas ou herbicidas. Além disso, o uso de biomassa de microalgas para a produção de biocombustível é um processo que acarreta em uma baixa poluição do meio ambiente. A espécie de microalga utilizada nesse experimento, apresentou um crescimento desigual nos diferentes tipos de água residual e teve um rendimento na extração dos lipídios também variado, possivelmente devido à alta disponibilidade de nutrientes no efluente bruto da estação de tratamento de esgoto em Salvador comparada a água residual do rio Camarajipe, o perfil de FAMEs produzidos a partir da microalga cultivada na água residual do rio Camarajipe mostrou-se adequado para a produção de biodiesel de 3ª geração, além de ter apresentado um conteúdo quantitativo de ácidos graxos alto. Percebe-se que é necessário disponibilizar uma quantidade de nutrientes no meio para que o processo seja viável economicamente diminuindo os custos de produção do biocombustível derivado de microalgas, para que esse possa apresentar uma maior vantagem em relação aos combustíveis fósseis e outros biocombustíveis já existentes que não possuam a mesma taxa de produtividade. Pode-se concluir que a utilização da microalga para geração de biocombustível é viável quando cultiva principalmente em efluente bruto, aliada tecnologias sustentáveis e métodos de fornecimento de nutrientes ao meio.

Referências Bibliográficas

FRANCISCO, É. C. et al . (2015) Produção de biodiesel de terceira geração a partir de microalgas. *Cienc. Rural*, v. 45, n. 2, pp. 349-355.

HADDAD, M. FAWAZ, Z. (2013) Evaluation of microalgae alternative jet fuel using the AHP. Method with a Emphasis on the environmental and economic criteria. *Envionmental Progress & Sustainable Energy*, v.32, n.3, pp.3044-3064,

JOSE, T. K., ANAND, K. (2016) Effects of biodiesel composition on its long term storage stability. *Fuel*. Pp. 190-196.

KALHOR, A. X., NASSAB, A. D. M., ABEDI, E., BAHRAMI, A., MOVAFEGHI, (2016) A. Biodiesel production in crude oil contaminated environment using Chlorella vulgaris. *Bioresource Technology*. Pp. 190-194.

KNOTHE, G., KRAHL, J., GERPEN, J. V. (2015) The Biodiesel Handbook: Edition 2. Elsevier, 494 págs.

LEITE, R. C. C., LEAL, M. R. L.V. (2007) O biocombustível no Brasil. Novos estudos. - CEBRAP , São Paulo, n. 78, p. 15 a 21 de julho de 2007. Disponível em:<Http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 2 de fev. 2019.

SERRANO, M., MARTÍNEZ, M., ARACIL, J. (2013) Long term storage stability of biodiesel: Influence of feedstock, commercial additives and purification step. *Fuel Processing Technology*. 135-141.

SUALI, E., SARBATLY, R. (2012) Conversion of microalgae to biofuel. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.16, p.4316-4342. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112002304>. Acesso em: 09 fev. 2019.

Produção biológica de hidrogênio a partir de água residuária de cervejaria

Bruna Machado[1], João Vitor S. Ferreira[2], Felipe Eduardo B. da Silva[3], Helton José Alves[4], Mabel Karina Arantes[5].

[1]*Laboratorio de catálise e produção de biocombustíveis- UFPR, Palotina- PR, Brasil, m.brunamachado@gmail.com*

[2]*Universidade Federal do Paraná Setor Palotina*

[3]*Laboratorio de catálise e produção de biocombustíveis -Universidade Federal do Paraná Setor Palotina*

[4]*Laboratorio de catálise e produção de biocombustíveis -Universidade Federal do Paraná Setor Palotina*

[5]*Laboratorio de catálise e produção de biocombustíveis Universidade Federal do Paraná Setor Palotina*

Resumo

O hidrogênio, H_2, além de apresentar alto valor agregado por ser insumo nas indústrias química, petroquímica, alimentícia, dentre outras, possui potencial promissor para o uso no setor energético, sendo que rendimentos elevados são observados nas células a combustível para a geração de energia elétrica, o que é ambientalmente interessante, pois o produto resultante deste processo é apenas a água. Rotas termoquímicas são os processos mais comuns para produção de H_2, entretanto, são altamente endotérmicos e dependentes do aprimoramento de catalisadores. Assim, a produção biológica de H_2 (biohidrogênio) por fermentação anaeróbia se apresenta como uma via interessante pois acontece em condições de temperatura e pressão similares à ambiente além de permitir o uso de águas residuárias como substrato para a fermentação. A água residuária de cervejaria, gerada em grande quantidade no Brasil e no mundo, possui alta carga orgânica e é rica em açúcares remanescentes do processo de fabricação de cervejas, o que significa substrato fermentescível para a atividade microbiana e produção de biohidrogênio, aliando adequação ambiental do efluente e geração de produto de valor agregado, por meio de um bioprocesso que envolve o estudo de reatores biológicos, inóculos, suportes e condições de cultivo. Neste trabalho, uma cultura pura de Klebsiella pneumoniae, isolada do ambiente e suportada em argila expandida foi empregada para a produção de biohidrogênio em reator anaeróbio operado em bateladas sequenciais com biomassa imobilizada, AnSBBR, a partir de água residuária de cervejaria. Foram avaliados os efeitos da concentração afluente (2,8 a 7,2 gART L^{-1}), da carga orgânica volumétrica aplicada (2,6 a 12,6 gART $(L\ dia)^{-1}$) e do tempo de ciclo (12 h e 24 h) em ensaios com duração entre 9 e 16 ciclos. O inóculo apresentou boa adaptação ao resíduo e atividade durante todo o período avaliado, com efeitos positivos do aumento da carga orgânica volumétrica aplicada (COVc) até 12,6 gART $(L\ dia)^{-1}$ e da redução do tempo ciclo de 24 h para 12 h sobre os parâmetros produtividade volumétrica, rendimento e vazão molar de H_2. Os teores de H_2 no biogás variaram entre 18 e 42% com eficiência média de remoção de açúcares e de DQO de 89% e 23%, respectivamente. O predomínio das rotas metabólicas

acética e butírica indicaram uma produção promissora de H_2 a partir de água residuária de cervejaria empregando Klebsiella pneumoniae como inóculo em reator AnSBBR.

Palavras-chave: Biohidrogênio. Inóculo. Biorreator. Fermentação.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTERCO CAPRINO COMO PERSPECTIVA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA NO NORDESTE

Samara Pereira Vieira; Luiz Antônio Cavalcanti Pimentel

(PROFESSOR DOUTOR EM ENGENHARIA QUÍMICA - INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA- IFBA CAMPUS DE PAULO AFONSO)

Resumo

Na atual conjuntura, a comunidade científica e população vêm debatendo a transição do modelo energético mundial, de energia fóssil para um sistema que incorpore as energias renováveis, alternativas e limpas. Visto que o modelo de política energética designada na relação entre crescimento e desenvolvimento sustentável foi desgastado devido às evidências associadas às ações antrópicas, promovendo mudanças climáticas e o aquecimento global. Com base nisso, o debate internacional está pautado na necessidade de aplicações sustentáveis de aproveitamento dos serviços da natureza e de medidas que possam conter as mudanças climáticas globais. A caprinocultura, além das demais atividades da produção animal, demandam um considerável volume de resíduos que podem provocar perdas no potencial energético se gerenciados de forma inadequada tanto no sentido produtivo, em termos agrícolas, por meio dos componentes fertilizantes, quanto calorífico, pela capacidade de produção de biogás decorrente do teor de matéria orgânica degradável. A aplicação da construção de biodigestores no meio rural, é notadamente aplicável ao interior do Nordeste brasileiro por abrigar 93,0% do rebanho brasileiro de caprinos segundos dados do IBGE. O aproveitamento do esterco caprino como biomassa, torna-se uma alternativa atraente para a geração de energia e exclusão energética do homem do campo, transformando a propriedade rural numa fonte produtora não somente de alimentos, mas também de energia. Com base nisso, o presente trabalho tem por objetivo avaliar uma nova e alternativa fonte energética ao homem do campo, através da digestão anaeróbia de dejetos caprinos por meio do uso de biodigestores.

Palavras-chave: Biogás; Esterco Caprino; Energia Renovável

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE VINHAÇA E GLICERINA: UMA COMPARAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MONO-DIGESTÃO E CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA

Danilo Herculano da Silva[1], Lucas Monteiro Galotti de Souza[2], Brenno Vinicius de Medeiros Lima[3], Maria Paula Cardeal Volpi[4], Bruna de Souza Moraes[5]

[1]Universidade Estadual de Campinas, herculano_danilo@hotmail.com, Universidade Estadual de Campinas[2,3,4,5]

Resumo

O etanol e o biodiesel têm se destacado na produção e uso de biocombustíveis para substituição dos combustíveis fósseis. Por outro lado, os subprodutos gerados em suas biorrefinarias, vinhaça e glicerina, são bastante representativos e necessitam de tratamentos adequados para que não causem danos ambientais no seu uso final. A opção pela mono-digestão anaeróbia (mono-DA) já vem sendo investigada, pois os resíduos apresentam alto teor de matéria orgânica biodegradável para a produção de biogás. A co-digestão anaeróbia (co-DA) desses resíduos, ainda pouco explorada, pode ser uma alternativa ainda mais interessante, visto que a co-Da é a mistura de dois ou mais resíduos orgânicos sob condições anaeróbias que resulta em um efeito sinérgico entre macro e micronutrientes para aumentar a produção de biogás. Neste contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a produção acumulada de biogás a partir da mono-DA e co-DA da vinhaça e da glicerina, através de ensaios em batelada na condição termofílica (55 ºC). Além das condições anaeróbias, foi comparado o potencial energético dos resíduos orgânicos. O experimento consistiu em 4 triplicatas, sendo estas correspondentes ao inóculo, os dois substratos investigados separadamente (mono-DA), vinhaça, e a mistura de ambos os substratos (co-DA). A co-DA foi avaliada na seguinte condição: vinhaça (95%) e glicerina (5%), com base no volume (mL) da amostra. Foram determinados os volumes com base nos sólidos voláteis na proporção 2:1 de inóculo e substrato, tendo nos ensaios: i) 250 mL de inóculo, ii) 42,8 mL de vinhaça, iii) 0,95 mL de glicerina e iv) 13,37 mL de mistura (12,70 mL de vinhaça e 0,67 mL de glicerina). O tempo de produção de biogás foi de 78 dias, até que a diferença entre o volume de gás coletado durante os dias seguintes não fosse superior a 1%. A produção de biogás foi determinada (NmL biogás) nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP) e a composição do gás através da análise de Cromatografia Gasosa (CG). Os resultados deste estudo mostraram uma maior produção acumulada de biogás para a co-DA, a qual resultou em 2.206 NmL biogás, correspondente a um aumento de cerca de 58% e 10% nas produções acumuladas a partir da vinhaça (1.395 NmL biogás) e glicerina (1.999 NmL biogás), respectivamente, nas condições de mono-DA. Dentro dos cenários estudados, o potencial energético dos resíduos apresentaram 0,69 $MJ.L^{-1}$ (vinhaça, CH_4 = 59,09%), $MJ.L^{-1}$ (glicerina, CH_4 = 72,21%) e 4,51 $MJ.L^{-1}$ (mistura, CH_4% = 76,32%), mostrando que a glicerina apresenta alto potencial energético na mono-DA na usina de biodiesel. No entanto, grande quantidade de glicerina pode ocasionar problema operacional no reator, como entupimento, devido à alta viscosidade. Sendo que, a pequena adição da glicerina aumentou o potencial energético da vinhaça, cerca de 563 % em relação a mono-DA. De maneira geral, a co-DA mostrou ser interessante para usina de etanol em razão da melhor estabilidade no processo bioquímico e produtividade de biogás. Por meio da co-DA, as biorrefinarias poderiam compartilhar seus subprodutos de forma que estes seriam matérias-primas para a produção de bioenergia e redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave. Biocombustíveis. Ensaio Bioquímico. Sólidos voláteis. Efeito sinérgico. Bioenergia.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE DEJETOS DE ANIMAIS: ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE DE FORTALEZA

Flávia Araújo Gonçalves[1], Brígida Miola Rocha[2], Charles Alan Garcia Do Nascimento[3], , Jéssica Santos Guimarães[5], Graziela Veras Brandão[5]

[1] *Doutoranda em Ciências Marinhas Tropicais no Laboratório de Ciências do Mar-LABOMAR da Universidade Federal do Ceará; Professora dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Elétrica e Energias Renováveis da Universidade de Fortaleza-UNIFOR; flavia.araujo@unifor.br*

[2] *Professora dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Energias Renováveis da Universidade de Fortaleza-UNIFOR;*

[3] *Graduando do curso de Tecnologia de Energias Renováveis da Universidade de Fortaleza-UNIFOR;*

[4]*Professora dos cursos de Engenharia Elétrica e Mecânica da Universidade de Fortaleza-UNIFOR.*

[5] *Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade de Fortaleza-UNIFOR;*

Resumo

A biomassa, em especial, é uma fonte de geração e cogeração de energia, dentre ela podemos citar a oriunda da agropecuária, que é uma atividade associada ao cultivo de plantas e a criação de animais. A pecuária gera resíduos de ações biológicas (dejetos, esterco, chorume, etc.) proveniente do gado suíno, bovino, caprino, ovino, equino, aviário, dentre outros, nos quais os resíduos podem ser convertidos, pela ação da digestão anaeróbica, em biogás e, por consequência, gerar energia elétrica. Para fins específicos de estudo e pesquisa o presente trabalho apresenta um estudo do potencial dos dejetos de animais para geração de eletricidade, apresentando os dejetos de diferentes tipos de animais do Laboratório do curso de Medicina Veterinária, situado no Campus Rosa Cordeiro da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). O potencial de energia elétrica a ser gerado, derivado dos excrementos dos animais, poderá ofertar a viabilidade de uma possível implantação de um biodigestor no centro de treinamento veterinário da UNIFOR. Contudo, verificou-se que a quantidade de dejetos produzida pelos animais deu um dimensionamento em torno de 4,47 $m^3.dia^{-1}$ Nessas condições, em um dia, essa propriedade poderá gerar uma quantidade de 6,69 kWh de energia elétrica. Analisando o período de um mês, com 30 dias, chega-se à quantidade de 200,55 kWh de energia elétrica e em um ano, com 360 dias estima-se 2.406,60 kWh.

Palavras-chave. Dimensionamento. Resíduos animais. Produção de biogás. Geração de energia. Energias Renováveis.

Introdução

A atual ênfase do consumo excessivo de energia elétrica ganha cada vez mais espaço em grandes discussões sobre geração de eletricidade, dessa forma ações são discutidas e

desenvolvidas por todos os países que, visando o melhoramento e aperfeiçoamento das matrizes energéticas, através de novas tecnologias e de forma mais sustentável, econômica. Destaca-se então o grande aproveitamento das fontes de energias renováveis que são, de modo genérico, fontes de energia elétrica.

O avanço das energias renováveis concerne em obter novas alternativas para a geração de eletricidade de forma sustentável como a Bioenergia. Na matriz energética brasileira é perceptível a dimensão do uso de energia elétrica a partir das fontes renováveis e alternativas, como: hidrelétricas, que demandam maior parte da geração eólica, a fotovoltaica e a biomassa, essa última sendo de grande crescimento na matriz brasileira. Contudo, essas tecnologias se agregam para com o sistema energético brasileiro de geração elétrica distribuída. A pecuária é um exemplo de desenvolvimento em abundância no país, porém, uma série de problemas são agravantes quando analisamos do ponto de vista ambiental, problemas estes que podem ser resolvidos de uma forma consciente e sustentável.

De acordo com Vázquez; Manjarrez, (1993) apud Ribeiro (2011) um dos problemas da pecuária é a produção de excrementos animais, que quando mal manipulados, podem contaminar aquíferos, o solo e as pessoas, pois estes dejetos animais contêm bactérias patogênicas, fosfatos, nitratos e matéria orgânica em quantidades excessivas. Kunz e Oliveira (2006) afirmam que a geração e utilização de biogás apresenta-se como uma alternativa interessante para contribuir na mitigação desses problemas ambientais.

A degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica, presente nos resíduos sólidos agropecuários, produz uma mistura gasosa de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), chamada biogás (SANTOS; JUNIOR, 2013).

O biogás é constituído de vários gases, mas os principais componentes são o metano (CH_4), que geralmente corresponde cerca de 70%, e o dióxido de carbono (CO_2), que corresponde a cerca de 30% da mistura (PEREIRA et al, 2018). Como consequência, encontramos outros gases que compõem a estrutura dos dejetos como os: Ácido Sulfídrico (H_2S), Óxido Nitroso (N_2O), Óxidos de Nitrogênio (NOx), Oxigênio (O), Hidrogênio (H), dentre outros em menor porcentagem.

Há diversas maneiras de destinação correta para esses dejetos como, por exemplo, a digestão anaeróbia, que consiste em fermentar os sólidos voláteis dos excrementos dos animais, a fim de se obter a máxima concentração dos gases dentro de um biodigestor, além do mais, esse material poderá servir como geração de calor ou eletricidade, além disso, com o efluente gerado por grandes concentrações úmidas, pode ser usado ainda como biofertilizante para adubação das plantas e ajudando no incremento de fatores físico-químicos do solo. A geração de eletricidade, a partir dos dejetos dos animais, requer uma análise precisa para preparar uma projeção de quanto a concentração de sólidos voláteis dos resíduos animais é eficiente para gerar eletricidade, com base nos dados da literatura o quanto de eficácia conseguiremos aproveitar para a análise do projeto.

Os animais devido a seus criadouros confinados requerem um tratamento especial como, por exemplo, sua alimentação, esse manejo influencia diretamente no dejeto do animal e,

consequentemente, nas formações dos gases e, também, dependendo da espécie, varia no acúmulo do metano (CH_4). Porém, os animais quanto mais resguardados e confinados, maiores são as concentrações dos gases de efeito estufa (GEE) nos resíduos voláteis e, sobretudo, o metano (CH_4). Entretanto, o CH_4 é um combustível que serve para girar uma turbina e gerar eletricidade, e o dióxido de carbono (CO_2), por não ser combustível, mas o gás aquece a atmosfera, ambos podem ser manipulados e aproveitados de forma consciente através da digestão anaeróbia.

O fato de o Brasil ser um país com clima tropical se torna favorável a ciclos biológicos que promovem a degradação anaeróbia. Tanto em biodiversidade que nutre os detritos quanto às condições climáticas entre si, com temperaturas médias que garantem os processos biológicos. As altas temperaturas praticamente todo o ano e a intensa biodiversidade fazem com que os microrganismos que nutrem os detritos atuem continuamente (detritívoros) (JÚNIOR, 2009 apud SANTOS; JUNIOR, 2013). Com essa afirmação, entendemos um pouco mais sobre a ação do biodigestor e como o mesmo se comporta em um meio climático.

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Medicina Veterinária da Universidade de Fortaleza, situado no Campus Rosa Cordeiro da Universidade de Fortaleza-UNIFOR. Na Tabela 1 encontra-se o quantitativo de animais presente do campus, para o cálculo da estimativa de produção de biogás e energia elétrica.

Tabela 1: Quantitativo de animais presentes no Campus.

GRUPOS	TOTAL
AVES	33
BOVINOS	4
CAPRINOS	10
EQUINOS	3
SUÍNOS	2
OVINOS	2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Para obter o volume de dejetos diário na propriedade foi usada a relação entre a quantidade de animais presentes e a quantidade de dejetos teórica encontrada na literatura, para expressar o volume total, o que pode ser observado na Equação 1.

Equação 1: Volume diário de dejetos.

$$V = \sum n \times Qd$$

Onde,
V = Volume de dejetos produzidos [m^3. dia $^{-1}$];
n = Quantidade de animais na propriedade;
Qd = Quantidade de dejetos produzidos por animal durante um dia [kg.dia $^{-1}$].

Para estimar a produção de biogás considerou-se a quantidade de animais existentes na propriedade, a quantidade de resíduos produzidos por estes, assim como a quantidade de

biogás que será gerado a partir dos dejetos, demonstrados na Tabela 2, então foi utilizada a Equação 2 para demonstração dos resultados.

Tabela 2: Produção de dejetos, biogás e energia.

Tipo de animal	Média de produção de dejetos (kg/dia)	Potencial de geração de biogás (m^3/kg)	Potencial de geração de energia (KWh/dia)
Aves	0,18	0,090	0,023
Bovinos	10,00	0,040 - 0,049	0,701
Caprinos/Ovinos	0,80	0,040 - 0,061	0,044
Equinos	10,00	0,048	0,686
Suínos	2,25	0,075 – 0,089	0,268

Fonte: Adaptado de OLIVER et al., (2008) e FARRET (2010).

Equação 2

$$VBTP = n \times Qd \times Vb$$

Onde,
Vb = Volume de biogás produzido por kg de dejeto [$m3.kg^{-1}$];
VBTP = Volume de biogás total produzido [$m3.kg^{-1}$].

Conversão energética é o processo que transforma um tipo de energia em outro, no caso do biogás, a energia química é convertida em energia mecânica por meio de combustão, essa energia ativa um motogerador ou uma microturbina e converte em energia elétrica local.

Para estimar a conversão energética a partir da quantidade de biogás diária gerada basta aplicar a Equação 3.

Equação 3

$$E = \frac{n \times Qd \times P}{Qd}$$

Onde,
E = Energia elétrica [kWh];
P = Potência elétrica [kW].

Resultados e discussão

A partir dos dados fornecidos na tabela 1 é possível obter a quantidade de cada tipo de animal presente na propriedade, e na Tabela 2, a média de produção de dejetos diária, substituindo os valores na Equação 1 consegue-se o valor de 86,94 kg/dia de dejetos.

$$V = \sum (33 \times 0{,}18) + (4 \times 10{,}00) + (12 \times 0{,}50) + (3 \times 10{,}00) + (2 \times 2{,}5)$$

$$V = 86{,}94\ kg/dia$$

Para o valor do volume de biogás produzido por kg de dejeto, foi feito uma média entre os valores encontrados na literatura (Tabela 2), em seguida foi feita a multiplicação pela quantidade de animais e quantidade de dejetos, usando a Equação 2.

- Aves:

$$BTP = 33 \times 0{,}18 \times 0{,}090 \rightarrow \quad BTP = 0{,}53\ m^3.dia^{-1}$$

- Bovinos:

$$BTP = 4 \times 10{,}00 \times 0{,}0445 \rightarrow BTP = 1{,}78\ m^3.dia^{-1}$$

- Caprinos/Ovinos:

$$BTP = 12 \times 0{,}50 \times 0{,}0505 \rightarrow BTP = 0{,}30\ m^3.dia^{-1}$$

- Equinos:

$$BTP = 3 \times 10{,}00 \times 0{,}048 \rightarrow BTP = 1{,}44\ m^3.dia^{-1}$$

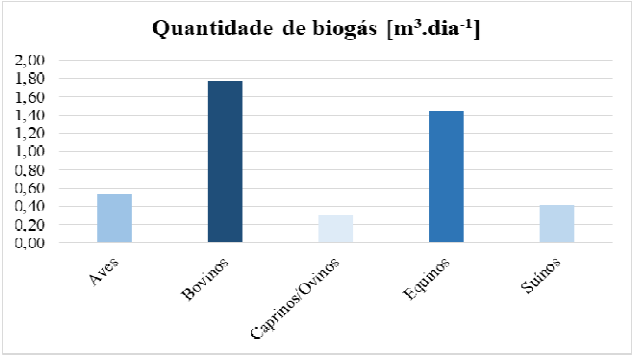
- Suínos:

$$BTP = 2 \times 2{,}5 \times 0{,}082 \rightarrow BTP = 0{,}41\ m^3.dia^{-1}$$

Assim, para a estimativa do volume total de biogás produzido foi usado o somatório de todas as espécies, obtendo o valor de 4,47 $m^3.dia^{-1}$. Dessa forma, é possível obter a quantidade de biogás anual da propriedade, basta multiplicar o valor diário por 360 dias, resultando a produção anual o valor de aproximadamente 1608,336 m^3 de biogás.

Na Figura 1 é possível visualizar o comparativo da produção de biogás para cada espécie presente na propriedade, o grupo que tem mais produtividade são os bovinos, com 1,78 $m^3.dia^{-1}$, em seguida os equinos com 1,44 $m^3.dia^{-1}$.

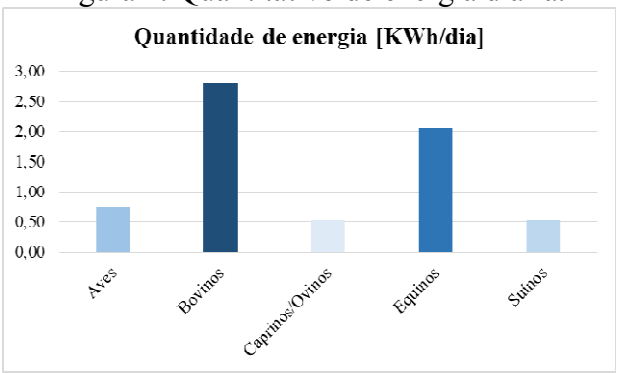
Figura 1. Quantitativo de biogás diário.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

É possível observar na Figura 2 a estimativa de energia para cada espécie de animal presente no Campus, o grupo que tem maior potencial energético são os bovinos, com produção diária de 2,804 KWh, seguido dos equinos com 2,058 KWh.

Figura 2: Quantitativo de energia diária.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nessas condições, em um dia, essa propriedade poderá gerar uma quantidade de 6,69 kWh de energia elétrica. Analisando o período de um mês, com 30 dias, chega-se à quantidade de 200,55 kWh de energia elétrica e em um ano, com 360 dias estima-se 2.406,6 kWh.

Conclusões

O presente trabalho mostra de forma simplificada como resíduos podem ser convertidos em geração de energia elétrica, a geração de energia através da biomassa faz com que o meio ambiente seja preservado, reduza a emissão de agentes poluentes, causadores do efeito estufa e, consequentemente, às mudanças climáticas.

A utilização de recursos renováveis em um ambiente escolar não só traz economia na utilização de recursos fósseis, como também tem a função de preparar os alunos para que sejam disseminadores de conhecimentos e tecnologias, pois é necessária a conscientização de que combustíveis fósseis são energias finitas. Ainda existem muitas dificuldades para a utilização destas fontes de energia, mas à medida que conhecimentos forem difundidos, uma nova realidade poderá começar a existir.

Contudo, a introdução desse tipo de tecnologia permite à Universidade agregar mais plataformas tecnológicas para a área de conhecimento e incentivar o cuidado pelo meio ambiente.

Referências Bibliográficas

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa (2011). Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo – IEE/USP. *ATLAS DE BIOENERGIA DO BRASIL. Metodologias de cálculo da conversão energética das biomassas selecionadas.* São Paulo-SP.

COLLATO, L. E LANGER, M. (2011) Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. *Unoesc & Ciência – ACET*. Joaçaba, V.2, N.2, pp. 119-128.

KUNZ, A. E OLIVEIRA, P.A.V. (2006) Aproveitamento de dejetos de animais. *Revista de Política Agrícola*. Ano XV, n. 3, Jul/Ago/Set.

PEREIRA, L.C. et al. (2018) Estudo Comparativo de biogás produzido com resíduos animais. *Revista Brasileira de Energias Renováveis.* V.7, N.4, pp. 406-422.

RIBEIRO, D.S. (2011) Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida. *HOLOS*, Ano 27, V.1.

SANTOS, E.L.B. E JUNIOR, G.N. (2013) Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. *Tekhne e Logos.* Botucatu - SP, V.4, N.2, agosto. ISSN 2176- 4808.

Produção de briquetes para energia utilizando resíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.

Georgia Vieira Neto[1], Taíse Mariano Rodrigues[2], Martha Andreia Brand[3]

[1]*Graduanda em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil. E-mail: georgia.neto@edu.udesc.br;*
[2]*Engª De Produção, Mestranda no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*
[3]*Engª Florestal, Drª., Depto. de Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*

Resumo

Analisando a cadeia produtiva, desde a extração da matéria prima até o descarte, percebe-se a dificuldade de fazer com que os resíduos gerados retornem ao processo de produção, garantindo desta maneira o aproveitamento energético e um ciclo de produção fechado. Se a produção de pinhão, na região serrana de Santa Catarina, começar a ser vista como uma cadeia produtiva, as grimpas, que são os ramos secos da *Araucaria angustifolia devem ser considerados como um resíduo das árvores, com potencial para uso energético e consequentemente econômico. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar briquetes produzidos com grimpas, verificando seu potencial como fonte de energia renovável. As grimpas utilizadas para confecção dos briquetes foram coletadas na Fazenda Experimental da EPAGRI, no Município de São José do Cerrito, em 37 árvores isoladas em campo nativo. A biomassa in natura, foi moída em moinho de martelo com abertura de 5 mm. Depois foi caracterizado o teor de umidade (TU) conforme norma NBR 14929. A densidade a granel (DA) foi determinada segundo a norma NBR 14984. Foi realizada a classificação granulométrica das partículas utilizando 180 g da biomassa residual, com agitação em agitador de peneiras durante 10 minutos. Na montagem do sistema granulométrico foram utilizadas as peneiras de 8mm; 3,35mm; 0,450mm; 0,250mm; e a base. O poder calorífico superior (PCS) foi mensurado segundo a norma DIN 51900. Para as análises químicas foram utilizadas as normas NBR 14660, NBR 14577, NBR 14853, NBR 7990, NBR 7989. Após a caracterização foram confeccionados 8 briquetes em briquetadeira piloto da marca LIPPEL, utilizando pressões de 50 e 95 Bar, por 8 e 2 minutos, respectivamente. Nos briquetes foram determinadas as propriedades de teor de umidade, densidade aparente e resistência à compressão que expressa a capacidade de empilhamento na estocagem do produto. Como resultados: o TU das grimpas foi de 15 %, valor aceitável para o processo de briquetagem, não necessitando secagem prévia em estufa. A DA média foi de 0,205 kg/m^3, estando dentro do limite ideal para o processo de compactação (TUMULURU et al., 2010). Quanto a granulometria, em torno de 79,81 % das partículas ficaram retidas na peneira de 0,450 mm, o que não é o ideal, mas pode ser corrigido pelo ajuste na peneira dos picadores. O PCS médio foi de 4685 kcal/kg para a biomassa in natura. Quanto a composição química,*

a grimpa teve 23,18 % de extrativos totais e 41,88 % de lignina. Como destacado por Yu et al. (2017) o teor de lignina e extrativos presente na biomassa é fundamental para a ligação interna onde a aplicação de pressão é responsável por essa aglutinação. O TU dos briquetes foi de 15,67 %, a DA foi de 1,07 g/cm^3 e a resistência à compressão de 2,022 Mpa. As Propriedades físicas, químicas e energéticas da grimpa demonstraram o potencial desta matéria prima para produção de compactados. Os briquetes apresentaram alta qualidade em termos de propriedades física e mecânicas.

Palavras-chave. Biomassa; Grimpas; Energético;

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 14577**: Pasta celulósica e madeira – Determinação do material solúvel em água, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 14853**: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno, em diclorometano e em acetona, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 14929**: Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 14984**: Madeira - Determinação da densidade aparente de cavacos, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 7990**: Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 7990**: Madeira - Amostragem e preparação para análise, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7989**: Pasta celulósica e madeira – Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 2010.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 51900:** Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value. Berlim, 2000.

TUMULURU J,S, WRIGHT C,T, KENNY K,L, HESS J,R. 2010. A technical review on biomass processing: densification, processing, modeling and optimization. ASABE Annual International Meeting, 2010. Pittsburgh, US, June 20-3.

YU, J. et al. Cellulose, xylan and lignin interactions during pyrolysis of lignocellulosic biomass. Fuel, v. 191, p. 140-149, 2017.

PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DE BIO CARVÕES PIROLÍTICOS DE BIOMASSAS RESIDUAIS

Willian Pereira Gomes [1], Weber Tortul da Silveira [2], Hélio Merá de Assis[2].

[1] *Instituto SENAI de Inovação em Biomassa, – Três Lagoas/MS, willian.gomes@ms.senai.br*

[2] *Instituto SENAI de Inovação em Biomassa – Três Lagoas/MS*

Resumo

Visando energias limpas e de fontes renováveis, que seguem os princípios da Química Verde, e sejam uma alternativa ao petróleo, para produção de energia e de matérias primas, diversas técnicas e novos matérias primas estão se desenvolvendo em tempo singular. Dentre elas, a pirolise possui um lugar de destaque, pois é uma metodologia simples, eficaz e eficiente para a conversão de biomassas, muitas vezes residuais e sem destino ideal, em materiais de alto valor agregado, como o bio carvão, o bio-óleo e o biogás, ambos com vastas aplicações, como geração de energia, remediadores de solo, biocidas, e fonte de compostos da química fina. Este trabalho visa analisar a produção de bio carvão proveniente de diferentes biomassas residuais com foco nas propriedades desejáveis para geração de energia. Foram analisados teor de umidade, analise elementar, PCS e PCI de carvões provenientes de resíduos de semente de açaí, erva mate, couro e casca de arroz. Os maiores valores de PCI foram obtidos pelos bio carvões produzidos com biomassa de erva mate com 6735,73 $kcal.kg^{-1}$ seguido da semente de açaí com 5797,77 $kcal.kg^{-1}$ e do couro com 3579,72 $kcal.kg^{-1}$. Os resultados obtidos pela análise elementar, tornou possível relacionar o poder calorífico com a quantidade de carbono e oxigênio dos bio carvões, sendo que aqueles PCI mais elevado, maior era a relação C/O. Sendo assim foi possível apontar o potencial energético dos bio carvões obtidos pelo processo da pirolise de produtos que são rotineiramente classificados como resíduos, apontando uma aplicação tecnológica eficaz e rentável.

Palavras-chave. Biomassa 1. Bio Carvão 2. Pirólise 3. Energia Renovável 4.

Introdução

A energia renovável é o meio mais indicado para substituição dos combustíveis fósseis na geração de energia elétrica. Quando comparada com outras fontes energéticas, provocam um menor impacto ambiental e reduzem a utilização de produtos derivados do petróleo (BORGES et al., 2017).

O uso de energias renováveis constitui uma parte fundamental e crescente da contínua transformação da energia do mundo para atingirmos as metas propostas. Mais de 170 países já estabeleceram metas tangíveis sobre o uso de energias renováveis e quase 150 promulgaram

políticas para acelerar e promover investimentos em tecnologias inovadoras para o uso de renováveis nas suas matrizes energéticas (IRENA, 2017).

A pirolise é uma técnica de conversão térmica do material orgânico, muito utilizada para a produção de carvão vegetal e outros produtos pirolíticos, como o bio-óleo e o biogás. O processo consiste na utilização de pouco ou totalmente isento de agente oxidante (gás O_2), promovendo a "quebra" de moléculas orgânicas complexas, como por exemplo, a celulose e as ligninas, em moléculas mais simples e de menor peso molecular (VIEIRA et al., 2014).

O carvão é definido como um material sólido poroso, de fácil combustão, capaz de produzir calor. Algumas das propriedades desejáveis para se obter um carvão com boa qualidade são: o alto poder calorífico, baixa umidade, baixo teor de material volátil e baixo teor de cinzas, além de outras estruturais e mecânicas.

O objetivo desse trabalho foi analisar a composição química e as propriedades térmicas de carvões obtidos através de um processo pirolítico utilizando diferentes fontes de biomassa.

Material e Métodos;

As biomassas (Tabela 1) foram moídas em um moinho de facas e martelo, Modelo Nogueira DPM-4 (Motor Power - 7,5 kW) e posteriormente classificados com uma peneira de abertura da malha de 0,8 mm.

O processo de pirólise ocorreu em uma Reator de Pirolise da marca BIOWARE, modelo SIVOBI-G-10A, localizado na Planta Piloto do Instituto Senai de Inovação – Biomassa, sob temperatura de 430ºC, gerando bio-óleos leve e pesado e carvões com características distintas.

As fontes das biomassas e os códigos para identificação dos bio carvões gerados, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Biomassas utilizadas para produção dos bio carvões.

Matéria Prima	Código do Carvão
Semente de Açaí	CSA
Resíduo de Erva Mate	CEM
Resíduo de Couro	CC
Casca de Arroz	CCA*
	CCAM**
	CCAMR***

*Casca de arroz pirolisada *in natura*, sem processo de moagem;
**Casca de arroz moída;
***Carvão obtido do resíduo do reator do processo de pirólise da casca de arroz moída.

Foi analisado o a umidade dos bio carvões, em triplicata, através de uma balança da Mettler Toledo, modelo HE73A conforme metodologia interna, seguindo a norma ASTM D1762-84 (2007).

A determinação dos teores de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S) e oxigênio (O) dos carvões foram realizadas em triplicata, em um analisador elementar Flash Smart CHNS/O da Thermo Fisher Scientific. A análise do oxigênio foi realizada de forma direta, ou seja, através do mesmo equipamento e não por projeção por cálculos.

Para a análise de poder calorífico superior – PCS, foi utilizado uma bomba calorimétrica modelo Assy Calorimeter CL6400 da marca Parr, de acordo com a norma ABNT NBR 8633.

O poder calorifico inferior – PCI foi calculado utilizando os dados de PCS e de acordo com a Equação 1:

$$PCI = PCS - 600\ \frac{9H}{100} \qquad (1)$$

Onde: H = teor (%) de hidrogênio na amostra gerado pela análise elementar.

Resultados e Discussão

O processo de pirolise das biomassas ocorreu de forma eficaz, ou seja, gerando os bio-óleos e carvões das biomassas utilizadas assim como desejado.

A casca de arroz foi utilizada de duas formas; *in natura*, ou seja, sem o processo de moagem; e passando por processo de moagem e classificação da sua granulometria. Após o processo de pirolise da casca de arroz moída, foi averiguado a formação de um carvão residual no fundo do reator, sendo assim denominado como CCAMR, conforme indica a Tabela 1, e passou por todas as análises realizadas com os outros carvões.

Os resultados da análise elementar (CHNS/O) e Poder Calorífico Superior – PCS e Inferior – PCI estão apresentados abaixo na Tabela 2 e Tabela 3 respectivamente. Todos os valores são apresentados juntos com o seu desvio padrão relativo (DPR).

Tabela 2: Teor de CHNS/O encontrado pela análise elementar.

Carvão	C (%)	DPR (%)	H (%)	DPR (%)	N (%)	DPR (%)	S (%)	DPR (%)	O (%)	DPR (%)	C/O
CSA	56,87	4,87	1,60	2,50	0,71	3,27	0,00	0,0	6,30	2,06	9,0
CEM	68,78	0,35	3,08	2,60	1,33	3,02	0,00	0,0	4,46	0,90	15,4
CC	30,31	0,36	1,21	2,48	3,45	4,06	0,17	6,8	6,30	4,10	4,8
CCA	15,04	1,99	0,34	1,76	0,73	2,74	0,19	5,3	3,18	2,83	4,7
CCAM	13,37	1,05	0,25	2,00	0,51	0,00	0,26	8,5	2,27	6,17	5,9
CCAMR	24,50	1,10	0,74	9,46	0,30	0,00	0,00	0,0	1,55	5,48	15,8

Tabela 3: Valores do teor de umidade, PCS e PCI dos carvões

Carvão	Umidade (%)	DPR (%)	PCS (kcal.kg^{-1})	PCI (kcal.kg^{-1})	DPR (%)
CSA	5,33	4,83	5884,17	5797,77	1,64
CEM	7,81	1,13	6902,05	6735,73	2,08
CC	6,55	3,20	3645,06	3579,72	5,01
CCA	4,39	2,63	1886,22	1867,86	7,22
CCAM	2,42	6,25	1917,13	1903,63	2,73
CCAMR	2,06	2,40	2288,85	2248,89	1,59

Os valores de PCI dos bio carvões produzidos não apresentaram uniformidade, o que já era esperado pois foram gerados com diferentes fontes de biomassa.

No entanto os carvões CCA, CCAM e CCAMR que foram produzidos a partir da mesma biomassa, casca de arroz, apresentaram similaridade entre os resultados, com valores de 1867,86 kcal.kg^{-1}, 1903,63 kcal.kg^{-1}, e 2248,89 kcal.kg^{-1}, respectivamente. O PCI dos carvões CCA e CCAM não apresentaram diferenças significativas, indicando que o processo de moagem não afetou o poder calorífico do produto da pirolise. Ainda assim, o PCI do carvão CCAMR foi relativamente maior que os outros, isso pode ser explicado pela maior quantidade de C residual que foi formado no fundo do reator.

De acordo com a Tabela 3 o carvão com maior valor de PCI foi o CEM com 6735,73 kcal.kg^{-1} seguido do CSA e do CC. Estudos apontam o potencial da utilização dos produtos pirolíticos formados a partir do resíduo de erva-mate, para a produção de materiais primas geradoras de energia, como produção de bio carvão (ARAUJO et al., 2011) ou para produção de briquetes oriundos de uma blenda entre esse carvão e o bio-óleo formado no processo de pirolise (GOMES et al., 2018).

É de destaque também o resultado de PCI do CSA com valores de 5797,77 kcal.kg^{-1} apontando uma potencial utilização da semente do açaí como biomassa para geração de energia, uma vez que pelo grande consumo do fruto, esse resíduo gera um grave problema ambiental na região nordeste, principalmente no estado do Pará

Ao compararmos os valores da Tabela 2 com a Tabela 3, é evidente a relação entre o teor de C do carvão com o seu PCI. Percebe-se que quanto maior é a quantidade de C, maior será o seu PCI. Um maior teor de carbono implica em um maior tempo de queima do material, ou seja, maior capacidade de gerar calor. Esse resultado também é evidenciado no trabalho de Martins e colaboradores (2016), que relaciona os teores de C com o poder calorífico de suas amostras.

O trabalho de Protásio e colaboradores (2011) relata a correlação estatística dos teores de CHO com os poderes caloríficos de algumas biomassas vegetais. Os autores apontaram que para matérias primas com maiores valores de C e H, maiores eram o PCS e o PCI, ao contrário

do teor de O, que quanto maior o valor, menor era o valor do poder calorífico, pois, o O participa de processos endotérmicos durante a queima, competindo assim com liberação de calor pelo material. Desta forma a relação C/O torna-se um bom indicativo qualitativo do poder calorífico das biomassas, assim como dos bio carvões, sendo desejados maiores valores deste relação.

A Tabela 3 apontou que o bio carvão CEM foi o que apresentou o maior teor de C com 68,78% e relação C/O de 15,4 de forma que consequentemente também é o bio carvão com o PCI maior, já o carvão CCAM possui o menor teor de C com 13,37% e a menor relação entre C/O

Conclusão

O processo obtenção de bio carvões através da pirólise de biomassas residuais foi realizado conforme o esperado pelos autores.

Os resultados apontaram que os bio carvões produzidos com resíduos de erva mate e semente de açaí são aqueles com maior capacidade de geração de energia.

No entanto, todos os bio carvões produzidos possuem potencial para essa utilização, pois apresentaram poder caloríficos satisfatórios, além disso, a aplicação dessas biomassas no processo de pirólise é uma alternativa de um direcionamento para os resíduos que são gerados na cadeia produtiva de cada uma dessas fontes.

Agradecimentos

Os autores agradecem o INCT Midas, a ANP, à EMBRAPII e a organização do IV CIBIO.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, L. F.; GUIOTOKU, M.; MAIA, C. M. B. F. Resíduo de Erva-Mate na Obtenção de Biocarvão. *Anais* da 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Florianópolis, SC. Maio, 2011.

BORGES, A. C. P. et al. Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. *Rede - Revista Eletrônica do PRODEMA,* Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 25-33, mar, 2017.

GOMES, W. P. et al. Avaliação Energética de Briquetes de Carvão e Bio-Óleo Pirolítico de Erva Mate. *Anais* do III Cibio: Congresso Internacional de Biomassa, 04 a 06 de setembro de 2018 - Curitiba, PR, Brasil: FRG, 2018.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE AGENCY. *Rethinking Energy 2017:* Accelerating the global energy transformation. 2017. Disponível em: https://www.irena.org/publications/2017/Jan/REthinking-Energy-2017-Accelerating-the-global-energy-transformation. Acesso em: 18 mar 2019.

MARTINS, M. P. et al. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo celulósico proveniente da indústria de papel e celulose. *Revista Árvore*, v. 40, n. 1, p. 173-180, 2016.

PROTÁSIO, T. P et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, n. 66, p. 113, 2011.

VIEIRA, G. E. G.et al. Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 15, n. 24, p. 105-212, 2014.

PROPRIEDADES QUÍMICAS E ENERGÉTICAS DO CARVÃO VEGETAL COMERCIALIZADO NA REGIÃO SERRANA SUL DE SANTA CATARINA

Julio Peretti da Silva[1], Martha Andreia Brand[2], Guilherme Galeski[2], Rodolfo Cardoso Jacinto[2], Janaina Beatriz Tobiello Vieira[2]

[1] *Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) / Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), icoperetti@hotmail.com.*

[2] *Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) / Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV).*

Resumo

Dentre as características principais que indicam uma boa qualidade do carvão vegetal temos o alto poder calorífico e baixos teores de umidade, materiais voláteis e cinzas. São escassos os dados sobre os parâmetros para o controle da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação nas propriedades químicas e energéticas de diferentes marcas de carvão vegetal comercializadas para churrasco. Os dados foram coletados na região serrana sul de Santa Catarina. Foram adquiridas no comércio local 12 marcas de carvão vegetal para amostragem e as amostras foram avaliadas quanto as suas propriedades químicas e energéticas. Para cada propriedade foram realizadas 3 repetições em um Delineamento Inteiramente Casualizado. Os resultados foram submetidos a teste de médias de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. O teor de materiais voláteis foi de 26,15 a 44,69%; carbono fixo de 54,24 a 71,21% e cinzas de 0,68 a 3,89%; a porcentagem de carbono (C) foi de 71,45 a 83,31%, enquanto a de hidrogênio (H) foi de 2,92 a 4,63%, e a relação C/H média foi de 21,13. As marcas de carvão vegetal apresentaram altos teores de cinzas e de materiais voláteis e baixo teor de carbono fixo, sendo medianamente friáveis. As marcas que apresentaram melhor qualidade das propriedades químicas e energéticas foram as marcas de essências diversas (misturas de espécies). Nenhuma das marcas analisadas atendeu na integra a Resolução nº 40 SAA/2015, que define os padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal.

Palavras-chave. *Composição química imediata. Churrasco. Resolução nº 40 SAA/2015.*

Introdução

Para o carvão vegetal ser considerado de boa qualidade para o uso doméstico, é necessário que o mesmo possua alto poder calorífico; baixa umidade; baixos teores de materiais voláteis e cinzas (RIBEIRO; VALE, 2006; ROSA et al., 2012). No entanto, são escassos os dados relativos a parâmetros para o controle da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico.

Quanto às características químicas, a Resolução nº 40 SAA/2015 define que a análise imediata do carvão vegetal deve se apresentar dentro dos seguintes limites na base seca: teor de carbono fixo maior que 73%; teor de cinzas menor que 1,5% e teor de umidade menor que 5% (SÃO PAULO, 2015).

Um parâmetro importante na avaliação energética de biocombustíveis é a determinação da composição química elementar. No carvão essa determinação é importante pois os elementos hidrogênio e carbono cooperam positivamente para o poder calorífico, ao contrário do oxigênio. Já o enxofre e o nitrogênio contribuem negativamente para saúde humana e para o ambiente (OBERNBERGER et al.; 2005; ROSA et al., 2012).

Outro parâmetro importante é a relação C/N (carbono/nitrogênio) e C/H (carbono/hidrogênio). A primeira relação indica o potencial poluidor do combustível, em função da emissão de óxidos de nitrogênio, que podem resultar em chuva ácida. Já a segunda demonstra a capacidade do material em liberar energia, ou seja, quanto maior essa relação, mais energético é o combustível (SANTANA et al., 2012).

Nesse sentido, a falta de informação sobre a qualidade do carvão vegetal comercializado para uso doméstico no Brasil torna essencial estudos que avaliem a qualidade dos mesmos. Essas informações podem servir de apoio ao poder público para instituir normativas para o controle de qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos em outros estados da nação. Atualmente existe um regulamento apenas para o estado de São Paulo.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o carvão vegetal das principais marcas de carvão vegetal comercializadas na região de Lages, Santa Catarina, Brasil, por meio de suas propriedades químicas e energéticas, e comparar os resultados com o que é estabelecido pela Resolução nº 40 SAA/2015 do estado de São Paulo.

Material e Métodos

Em um primeiro momento, foi realizada uma pesquisa de campo na região serrana sul de Santa Catarina, com a visita aos estabelecimentos comerciais. Nessa pesquisa levantou-se todas as marcas de carvão vegetal presentes no mercado da região.

Ao todo foram selecionados 18 estabelecimentos entre grandes, médios e de pequeno porte que possuíssem pelo menos uma das marcas mais comuns encontradas no levantamento prévio. Assim, foram comprados pacotes de 12 marcas de carvão vegetal, os quais foram considerados como tratamentos, nos municípios de Lages, Urubici, Curitibanos, Anita Garibaldi, Campo Belo do Sul, Capão Alto e Cerro Negro.

Adotou-se a compra de pelo menos 8 kg e, ou, pelo menos duas embalagens de cada marca para atingir o peso mínimo determinado para as análises. O carvão vegetal foi misturado dentro de cada embalagem de cada tratamento e foram retiradas amostras de 500 g, as quais foram moídas para realização das análises.

A tabela 1 mostra a descrição das marcas de carvão vegetal em relação a matéria prima utilizada na produção do carvão, o que intitulou os tratamentos.

Tabela 1. Descrição das marcas de carvão vegetal coletadas.

Composição das amostras (Tratamentos)	Município de registro da empresa envasadora ou produtora
A (Eucalipto)	Grão Pará/SC
B (Acácia negra)	Brochier/RS
C (Acácia negra)	Indaial/SC
D (Eucalipto)	Lages/SC
E (Acácia negra)	Sem identificação na embalagem
F (Acácia negra)	Brochier/RS
G (Essências florestais diversas)	Santa Cecília/SC
H (Essências exóticas e nativas)	Aurora/SC
I (Essências florestais diversas)	Grão Pará/SC
J (Acácia negra)	Concórdia/SC
K (Carvão vegetal especial granulado)	Lages/SC
L (Eucalipto e bracatinga)	Colombo/PR

A composição acima foi considerada como sendo a descrita nas embalagens, nenhuma análise foi realizada para a confirmação das espécies componentes do carvão vegetal.

As propriedades químicas e energéticas avaliadas consistiram da análise imediata, com a determinação dos teores de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas em uma Termo Balança Gravimétrica (TGA), conforme a norma ASTM 1762 (ASTM, 2013), com temperatura de 900°C para o teor de materiais voláteis e 700°C para determinação do teor de cinzas. A análise química elementar, para a quantificação dos teores de carbono e hidrogênio, foi realizada em analisador elementar, da marca Elementar modelo vario MICRO cube com uso de gás hélio para arraste e oxigênio para ignição, a temperatura interna do analisador de 1.150 ºC na combustão de 850 °C.

Para a análise estatística, foram feitas 3 repetições para cada propriedade de cada tratamento em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no programa R (R CORE TEAM, 2015). As médias obtidas com os resultados foram submetidas ao teste de Scott-Knott com nível de 95% significância.

Resultados e discussão

Os resultados das propriedades químicas e energéticas do carvão vegetal de todos os tratamentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades químicas e energéticas do carvão vegetal comercializado na região serrana sul de Santa Catarina.

Tratamentos	C (%)	H (%)	C/H	TMV (%)	TCF (%)	TC (%)
A(Eucalipto)	82,61 b	3,58 b	23,08	29,26	66,85	3,89 a
B(Acácia Negra)	77,48 f	4,33 a	17,89	35,76	63,43	0,81 d
C(Acácia Negra)	76,17 h	4,23 a	18,01	39,46	59,86	0,68 d
D(Eucalipto)	77,57 f	3,53 b	21,98	31,10	67,06	1,85 c
E(Acácia Negra)	79,56 d	3,52 b	22,60	28,53	69,90	1,57 c
F(Acácia Negra)	71,45 j	4,63 a	15,43	44,69	54,24	0,89 d
G(Essências flor. diversas)	76,39 g	3,52 b	21,70	27,67	68,79	3,44 a
H(Essências exót. e nativas)	82,43 c	3,25 c	25,36	28,24	70,07	1,69 c
I(Essências flor. diversas)	73,89 i	4,13 a	17,89	26,42	70,85	2,73 b
J(Acácia Negra)	77,43 f	3,85 b	20,11	37,42	61,66	0,92 d
K(Carvão vegetal Esp. Granulado)	83,31 a	3,65 b	22,82	26,15	71,21	2,64 b
L (Eucalipto e Bracatinga)	77,98 e	2,92 c	26,71	39,47	58,12	2,42 b
Média	78,02	3,76	21,13	32,85	65,17	1,96
CV(%)	0,1	10,06	-			14,96
Mínimo	71,45	2,92	-			0,68
Máximo	83,31	4,63	-			3,89

Em que: Porcentagem de Carbono (C) e Hidrogênio (H); cinzas (TC); Poder calorífico superior (PCS). Médias seguidas da mesma letra não apresentam variação estatística significativa para o Teste de Scoot-Knott($P > 0,05$).

Em relação à análise química elementar, somente dois tratamentos com acácia negra (B e J) e um com eucalipto (D) apresentaram semelhanças significativas em relação a porcentagem de carbono. A maior quantidade de carbono foi observada no tratamento K (83,31%) e o menor no tratamento F (71,45%). Apesar da variação entre as marcas o coeficiente de variação foi baixo, o que demonstra pequena dispersão dos dados.

Para a porcentagem de hidrogênio, dentre os quatro tratamentos com maiores valores três são de acácia-negra (B, C e F), os quais não apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento K. Os valores mais baixos de teor de hidrogênio não apresentaram um padrão de comportamento quanto as espécies componentes do carvão vegetal.

Paula et al. (2009), avaliando amostras de carvão vegetal de *Eucalyptus* encontraram valores para o carbono de 75% e para hidrogênio de 3%. Segundo os mesmos autores, os valores encontrados na literatura para a caracterização elementar do carvão vegetal são: 75% de carbono, 3% de hidrogênio, 1% de nitrogênio, 0,5% de enxofre e 17% de oxigênio.

Rosa et al. (2012) obtiveram valores que variaram de 77,36 a 86,18% para carbono e 2,26 a 3,71% para hidrogênio, com uma relação C/H variando de 21,71 a 38,67. Oliveira et al. (2010) obteve valores entre 72,66 a 90,22% para carbono e 1,32 a 2,64% para hidrogênio.

Soares et al. (2014) encontraram para carvão vegetal de Eucalyptus nas idades de 3, 5 e 7 anos os valores de 79,81% para carbono; 3,27 a 3,42% para hidrogênio e 23,43 a 24,84 para a relação C/H.

Considerando os valores encontrados na literatura, a porcentagem de carbono está dentro dos valores esperados, com maior variação entre as marcas para o carbono e menor variação para o hidrogênio.

A relação C/H foi menor nas amostras de carvão vegetal analisadas neste trabalho em relação ao observado na literatura, provavelmente em função de características da matéria-prima e do processo de produção do carvão vegetal. Além disso, considerando que a relação C/H demonstra a capacidade do material em liberar energia, e que quanto maior essa relação, mais energético é o combustível (SANTANA et al., 2012), neste trabalho não houve relação entre os valores obtidos e as espécies componentes do carvão vegetal.

Com relação à análise imediata, os teores de materiais voláteis foram elevados para todas os tratamentos analisadas. Os maiores valores foram registrados para os carvões de acácia negra e eucalipto, enquanto os menores foram para as essências diversas. Da mesma forma os valores de carbono fixo foram baixos, com os menores valores para as amostras de acácia negra e eucalipto. Para o teor de cinzas, os menores valores foram obtidos para as amostras de acácia negra, com variação estatística entre as marcas de carvão vegetal e com coeficiente de variação mais alto em comparação com as demais propriedades analisadas.

Garcia et al. (2017) também avaliando cinco marcas de carvão vegetal para uso doméstico encontraram valores variando de 12,72 a 17,48% de materiais voláteis; 75,86 a 85,86% de carbono fixo e 0,80 a 173% de cinzas para marcas compostas de carvão vegetal de eucalipto. O carvão vegetal avaliado por Garcia et al. (2017) teve melhor qualidade que o analisado deste trabalho. Para o teor cinzas Rosa et al. (2012) obtiveram valores 0,68 a 1,65%; Neves et al. (2011) encontraram valores de 0,65 a 0,80% para carvão vegetal de clones de *Eucalyptus*, de forma geral menores que os aqui obtidos.

A Resolução nº 40 SAA/2015 define que a análise imediata do carvão vegetal deve apresentar-se dentro dos seguintes limites na base seca: teor de carbono fixo maior que 73% e teor de cinzas menor que 1,5%. Assim, com base nestes critérios nenhuma das marcas atenderia aos padrões de qualidade estabelecidos pela normativa para o teor de carbono fixo e apenas quatro marcas atenderiam padrão para teor de cinzas.

Conclusões

As marcas de carvão vegetal comercializadas na região serrana sul de Santa Catarina apresentaram como características negativas, altos teores de cinzas, altos teores de materiais voláteis e baixos teores de carbono fixo, sendo medianamente friáveis.

O carvão vegetal com a melhor qualidade em termos de suas propriedades químicas e energéticas foi aquele das marcas que utilizam essências diversas (mistura de espécies) para a produção (tratamentos G, H e I).

Nenhuma das marcas analisadas atenderia na integra a Resolução nº 40 SAA/2015, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, que define os padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal, como base na definição das caraterísticas físicas e químicas do produto.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8740. Carvão vegetal - Determinação do índice de quebra e abrasão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9165: Carvão vegetal - Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985b.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL D 1762 – 84, 2001. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.(2013). West Conshohocken, PA: ASTM International, 20013, DOI: 10.1520/D1762-84R07. Disponível em: <http:// www.astm.org.>; Acesso em: 01/07/2014.

ASTM - ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. ASTMD 167-12a.Standard Test Method for Apparent and True Specific Gravity and Porosity of Lump Coke.West Conshohocken, PA: ASTM International, 2012. Disponível em <http/www.astm.org/Standards/D167.htm>. Acesso em: 01/07/2014.

DIAS JÚNIOR, A. F., et al. Desdobramento da Função Qualidade (QFD) na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 262-270, 2015.

GARCIA, D. P. et al. Qualidade do carvão vegetal visando uso doméstico. Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas, v. 11, n. 1, p. 59-67, 2017.

MACHADO, F. S.; ANDRADE, A. M. Propriedades termoquímicas dos finos de carvão vegetal e de carvão mineral, para a injeção nas ventaneiras de altos-fornos siderúrgicos. Biomassa & Energia, Viçosa, v. 1, n. 4, p. 353-363, 2004.

NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de Eucalyptus em diferentes locais, visando à produção de carvão vegetal. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319- 330, 2011.

NORILER, M. R.; FACHINELLO, A.L. Características da oferta e da demanda de produtos de base florestal no período recente de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <http://www.apec.unesc.net/VII_EEC/sessoes_tematicas/%C3%81rea%201%20Des.%20Amb/CARACTER%C3%8DSTICAS%20DA%20OFERTA%20E%20DA%20DEMANDA.pdf>. Acesso em: 15/04/2015.

OBERNBERGER, I. et al. Chemical properties of solid biofuelssignificance and impact. Biomass & Bioenergy, v.30, p. 973-982, 2005.

OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

PAULA, L. E. R. et al. Avaliação de uma amostra de carvão vegetal de Eucalyptus para uso doméstico comercializado em Lavras/MG. Remade, v. 67, p. 15-18, 2009.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: http://www.R-project.org/. Acesso em: 30 de maio de 2015.

RIBEIRO, P.G.; VALE, A.T. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis: 2006.

ROSA, R. A.; CHAVES ARANTES, M. D.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. D. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. Journal of Biotechnology and Biodiversity. Tocantins, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

SANTANA, W. M. S. et al. Effect of age and diameter class on the properties of wood from clonal Eucalyptus. Cerne, Lavras, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2012.

SÃO PAULO: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução nº 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015.

SOARES, V. C. et al. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. Revista Árvore, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 543-549, 2014.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação de clones de Eucalyptus para produção de carvão vegetal. Cerne, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

Propriedades volumétricas irregulares de blendas binárias biodiesel/petrodiesel: aspectos científicos e tecnológicos

Túlio Begena Araújo[1], Marcos Augusto Lima Nobre[2]

[1] *Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Departamento de Química e Bioquímica, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, tuliobegena@gmail.com*

[2] *Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Departamento de Física, marcos.nobre@unesp.br*

Resumo

Muitas pesquisas têm sido feitas a respeito de blendas biodiesel/petrodiesel abordando aspectos como suas propriedades mecânicas e termodinâmicas, eficiência e efeitos em motores ciclodiesel. De particular interesse é o estudo das propriedades volumétricas e térmicas na elaboração desses combustíveis. Levando em consideração que essas propriedades dependem das interações moleculares, a mistura de componentes já complexos por si só, deve ser examinada minuciosamente. Tanto biodiesel como petrodiesel são constituídos por moléculas com cadeias carbônicas longas. As moléculas de biodiesel, porém, possuem um tímido caráter polar proveniente da função éster em contraste com o caráter predominante polar dos hidrocarbonetos do petrodiesel. Somando o fato de esses componentes serem miscíveis em todo intervalo de composição, um número infinito de blendas de biocombustíveis pode ser desenvolvido. Um conjunto de blendas binárias formadas por biodiesel metílico de soja e diesel de ultrabaixo teor de enxofre (AS10) foi preparado para o presente estudo. As blendas foram preparadas via mistura convencional de volumes apropriados e propriedades estruturais, térmicas e volumétricas foram analisadas em temperatura ambiente. Caracterização estrutural foi feita através da técnica de espectroscopia vibracional na região do infravermelho por refletância total atenuada. Propriedades volumétricas foram medidas usando-se a técnica de picnometria. Por fim, a condutividade térmica das amostras foi medida por meio do método do fio quente. Observaram-se na análise estrutural mudanças na posição da banda atribuída à carbonila dos ésteres, uma consequência das interações moleculares entre os componentes das misturas. Essas mudanças na banda da carbonila, assim como valores obtidos de condutividade térmica, densidade e volume molar não são lineares, ou seja, não obedecem a uma regra simples de mistura na qual o valor da propriedade da mistura é proporcional às frações e valores da mesma propriedade nos componentes previamente isolados. Esse comportamento resulta nas propriedades de excesso, que são discutidas aqui em função dos tipos de interações moleculares presentes nas blendas.

Palavras-chave. Biodiesel. Blendas binárias. Condutividade térmica. Propriedades de excesso. Interações moleculares.

PROSPECÇÃO DE LOCAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTAS DE BIOGÁS NO PARANÁ

Caroline Cristina Engel Gabriel[1], Diego Santos de Oliveira[2], Patricia Godoi Silva[3], Kleberson Rodrigo do Nascimento[4], Jefferson Luiz Gonçalves Silva[5]

[1] *Parque Tecnológico Itaipu (PTI), Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, caroline.engelg@gmail.com*

[2] *Parque Tecnológico Itaipu (PTI)*

[3] *Parque Tecnológico Itaipu (PTI)*

[4] *Parque Tecnológico Itaipu (PTI)*

[5] *Parque Tecnológico Itaipu (PTI)*

Resumo

O Paraná é um dos maiores produtores de rebanhos suínos no Brasil (IBGE, 2017), esta cadeia tem o desafio de conciliar os custos da atividade com a mitigação dos impactos ambientais. Uma alternativa é a produção de biogás, que pode transformar a biomassa da suinocultura em fonte renovável de energia térmica, elétrica ou combustível veicular. Para a expansão desta aplicação é importante levantar locais para instalação de plantas produtoras de biogás. Isto requer um sistema de avaliação complexo, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) contempla técnicas para resolução de questões relacionados a localização. Com este cenário, objetivou-se prospectar locais para implantação de plantas de biogás oriundo da produção de efluentes da suinocultura para o Paraná, por meio de técnicas de SIG. Mediante legislações, normas e regulamentações, foram identificados aspectos para classificar terrenos como aptos ou não à implantação de tal empreendimento. Foram adquiridos dados espaciais que representam estes aspectos e a localização de suinoculturas. A partir destes foi possível delimitar o total de áreas consideradas aptas ou inaptas à instalação de uma planta de biogás, e relacioná-las com o potencial de produção de suínos por mesorregião no Paraná. A mesorregião Metropolitana de Curitiba apresentou menor percentual de seu território apto para implantação de plantas de biogás 53,62%, porém, no Sudoeste está a menor área considerada apta com apenas 8.374,04 km². Em contrapartida, a mesorregião Noroeste indicou maior área apta no Paraná (19.572,56 km²), valor próximo ao Norte Central (18.934,32 km²), estas mesorregiões tem um potencial de suínos de, respectivamente, 103.911 e 155.359 de cabeças. No entanto, a maior produção de suínos está no Oeste Paranaense (4.298.588 cabeças), esta tem 70,85% de sua área adequada para alocação de plantas de biogás, isto equivale a 16.189,08 km² de seu território. No total, 69,91% da área do Paraná é apta para a instalação de uma planta produtora de biogás partindo de aspectos restritivos da legislação e regulamentações, e produz-se 6.894.069 cabeças de suínos. Por fim, confeccionou-se um mapa, no qual pode-se observar as áreas aptas à implantação de plantas de biogás e os locais com maior potencial de produção de suínos no estado do Paraná.

Palavras-chave. Suinocultura. Energia renovável. Geoprocessamento. SIG.

Introdução

O rebanho suíno do Paraná é um dos maiores do Brasil, com grande contribuição na economia e sendo responsável por gerar aproximadamente 500.000 empregos, diretos e indiretos (GERVÁSIO, 2017). Por outro lado, a criação de suínos pode gerar grande impacto ao meio ambiente. O grande desafio da atividade é a consonância entre as atividades de produção, em constante crescimento, e o uso consciente dos recursos naturais (RIZZONI et al., 2012).

Uma das alternativas de mitigação dos impactos ambientais provenientes dos processos de produção de suínos, e aumento da viabilidade econômica desta atividade, é a utilização de biodigestores para a produção de biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia térmica, elétrica ou combustível veicular (KONZEN, 2007).

A determinação da viabilidade de um local para a instalação de uma planta produtora de biogás tem como preceitos a mitigação dos impactos ambientais e a redução dos custos da construção. Para isso, deve-se analisar as características específicas do local, como critérios físicos e aspectos da legislação (ROHSTOFFE, 2010). De acordo com Cabral (2012), a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG), pode auxiliar na resolução de problemas relacionados a informação de localização, isto devido à sua capacidade de gerar e agregar um conjunto de informações espaciais de diversas naturezas, os quais representam informações do mundo real por meio de coordenadas geográficas.

Dessa forma, esse estudo tem por objetivo prospectar locais para implantação de plantas produtoras de biogás oriundo de efluentes líquidos da suinocultura, utilizando Sistema de Informação Geográfica, no estado do Paraná.

Material e Métodos

Inicialmente foi realizado um estudo e levantamento de quais são os aspectos limitantes para a implantação de unidades de geração de biogás, como plantas e arranjos técnicos. Nesta etapa, foram identificadas legislações, regulamentações, entre outras normas técnicas, que forneceram subsídios para classificar terrenos como aptos ou não à implantação.

Após o inventário desses subsídios, iniciou-se a modelagem espacial, com a busca e aquisição de dados espaciais que os representassem. Os dados georreferenciados foram adquiridos em portais abertos, no formato *shapefile*, e utilizados para criação de uma máscara contendo as áreas consideradas inaptas à implantação de unidades de geração de biogás.

A manipulação e processamento dos dados geográficos foram por meio dos *softwares* livre QGIS 3.0 e PostgreSQL com extensão PostGIS. Todos os dados geográficos foram padronizados em formato vetorial e Sistema de Referência SIRGAS2000 UTM 22S (EPSG:31982).

Para viabilizar o processamento, devido à extensa área de cobertura que o estado do Paraná apresenta, preferiu-se dividir o mapeamento com base na divisão das mesorregiões geográficas do estado.

Alguns aspectos possuem um raio de restrição além do limite que sua feição representa, por exemplo, malha ferroviária. Desse modo, utilizou-se a função de *buffer* do QGIS para criar raios em seu entorno, extrapolando assim a área de limitação de determinado critério na medida

encontrada na literatura. Empregou-se as funções *Dissolve* e *Merge* para unir e dissolver todas os vetores limitantes de uma mesorregião, isto é, resultando em uma única máscara de limitação para cada uma das mesorregiões do Paraná.

Utilizou-se a calculadora de campo disponível no QGIS para mensurar a extensão das áreas inaptas à instalação de plantas produtoras de biogás.

Para relacionar as áreas inaptas com o potencial de produção de suínos, obteve-se a localização de unidades de suinoculturas por meio de coordenadas geográficas, bem como o plantel de suínos das mesmas. Realizou-se a análise de interpolação de dados, de forma a calcular a distância entre os pontos com o método de peso pelo inverso da distância (*Inverse Distance Weighting* - IDW), afim de gerar uma camada matricial que estime as áreas com maior concentração de produção de suínos.

Para ilustrar este resultado elaborou-se um mapa com as máscaras de limitações e o potencial da produção de suínos nas mesorregiões do Paraná.

Resultados e discussão

A Tabela 1, ilustra os aspectos levantados na modelagem conceitual, bem como a fonte e o critério de limitação da mesma. O inventário é composto por 24 aspectos que compreendem um viés econômico, ambiental e social, de forma a fomentar um desenvolvimento sustentável.

Tabela 1. Inventário dos aspectos limitantes para a implantação de plantas de geração de energia elétrica a partir do biogás.

Aspectos	Fonte	Critério de Limitação
Águas Subterrâneas	Resolução nº. 92, 5 de novembro de 2008 - Águas subterrâneas no território brasileiro.	Proteção e preservação das águas subterrâneas
Altitude superior a 1.800m, Área de Topo de Morro, APP, Banhado, Borda Chapada, Declividade acima de 45, Hidrografia, Manguezais, Nascentes, Reserva Legal, Uso Restrito, Vegetação nativa, Restinga e Vereda	Lei nº. 12.651, 25 de maio de 2012 - Novo Código Florestal.	Inaptas a qualquer atividade econômica
Área Urbana	Termo de Referência para Relatório de Controle Ambiental (RCA) para Sistema de Biometanização de Resíduos Sólidos Urbanos com Geração de Energia Elétrica, 2010. Eletrobrás e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).	Distância de 500m de aglomerados urbanos
Linhas de transmissão		Faixas de servidão - 20, 25, 40, 55 e 70m
Malha Ferroviária	Lei nº. 10.932 de 2004, Decreto nº. 7.929 de 2013, Decreto nº 2.089 de 1963.	Área não edificável de 15m Faixa de domínio 15m 6m a contar do trilho externo
Quilombolas	Constituição Federal Art. 68 - Ato das disposições Constitucionais Transitórias (ADCT).	Destinadas a comunidade dos quilombos
Rodovias	Decreto nº. 140, 13 de janeiro de 2015, Lei nº.10.932 de 2004.	Faixa de domínio Área não edificável de 15m

Sítios Arqueológicos	Lei nº. 3.924, 26 de julho de 1961 - Monumentos Arqueológicos.	Sob guarda e proteção do Poder Público
Terras indígenas	Lei nº. 6.001, 19 de dezembro de 1973 - Estatuto do Índio.	Destinadas a comunidade indígena
Unidades de conservação	Lei nº. 9.985, 18 de julho de 2000 - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.	Preservar as características naturais
Zoneamento	Prefeituras Municipais.	-

Os dados espaciais dos aspectos limitantes são listados na Tabela 2, nesta observa-se além dos 21 aspectos adquiridos, a condição de cada e a fonte da base de dado. Os aspectos águas subterrâneas, sítios arqueológicos e zoneamento foram descartados por não encontrar dados consistentes.

Tabela 2. Dados espaciais das variáveis limitantes para a implantação de unidades de geração de energia elétrica a partir do biogás.

Variável	Condição	Fonte (Ano)
Unidades de conservação	Vetada	MMA (2018)
Vegetação nativa, APP, Reserva Legal, Nascentes, Altitude Superior 1800m, Declividade acima de 45, Área de Topo de Morro, Hidrografia, Banhado, Borda Chapada, Manguezal, Uso restrito, Restinga e Vereda	Vetada	SiCAR (2018)
Terras indígenas	Vetada	FUNAI (2017)
Quilombolas	Vetada	i3Geo INCRA (2018)
Faixa de Domínio das rodovias	Vetada - raio abaixo de 15 m	MT PNLT (2008)
Malha Ferroviária	Vetada - raio abaixo de 15 m	DNIT (2008)
Faixa de servidão das linhas de transmissão	Vetada - raio abaixo de 35 m	EPE/IBGE (2015)
Área Urbana	Vetada - raio abaixo de 500 m	SOS Mata Atlântica (2016)
Plantel de Suínos	Local com potencial	ADAPAR (2019)

É relevante esclarecer que os dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SiCAR) recebem constante atualizações, considerando que o prazo de adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) foi prorrogado até 31 de dezembro de 2019. Entretanto, optou-se por utilizar essa base de dados devido sua representatividade no estado do Paraná, e ainda boa escala e resolução espacial. Quando adquiridos, os dados haviam recebido a última atualização em 22 de agosto de 2018.

A Tabela 3, demonstra o total de área apta à implantação de plantas de biogás de acordo com aspectos restritivos de legislações e regulamentações, relacionada com o plantel de suínos nas mesorregiões do Paraná. Pode-se observar que, a mesorregião Oeste tem a maior produção de suínos no Paraná (4.298.588 cabeças), e 70,85% de sua área é apta (16.189,08 km^2) para receber uma planta de biogás. A mesorregião Metropolitana de Curitiba indica menor percentual de área apta 53,62%, no entanto, a menor quantidade de áreas aptas está no Sudoeste com 8.374,04 km^2, onde há uma produção de 507,153 cabeças de suínos. Inverso disso, Noroeste apresentou maior dimensão de área apta 19.572,56 km^2, e ainda, o maior percentual do território apto 79,92%, esta mesorregião

possui um plantel de 103.911 suínos. Seguido da mesorregião Norte Central com 18.934,32 km², com efetivo de 155.359 cabeças de suínos.
Ainda na Tabela 3, compreende-se que o Paraná produz 6.894.069 cabeças de suínos, e prospecta-se que 69,91% (139.356,35 km²) da sua área é apta para instaurar plantas produtoras de biogás para geração de energia como alternativa de destinação dos efluentes provenientes dessa atividade.

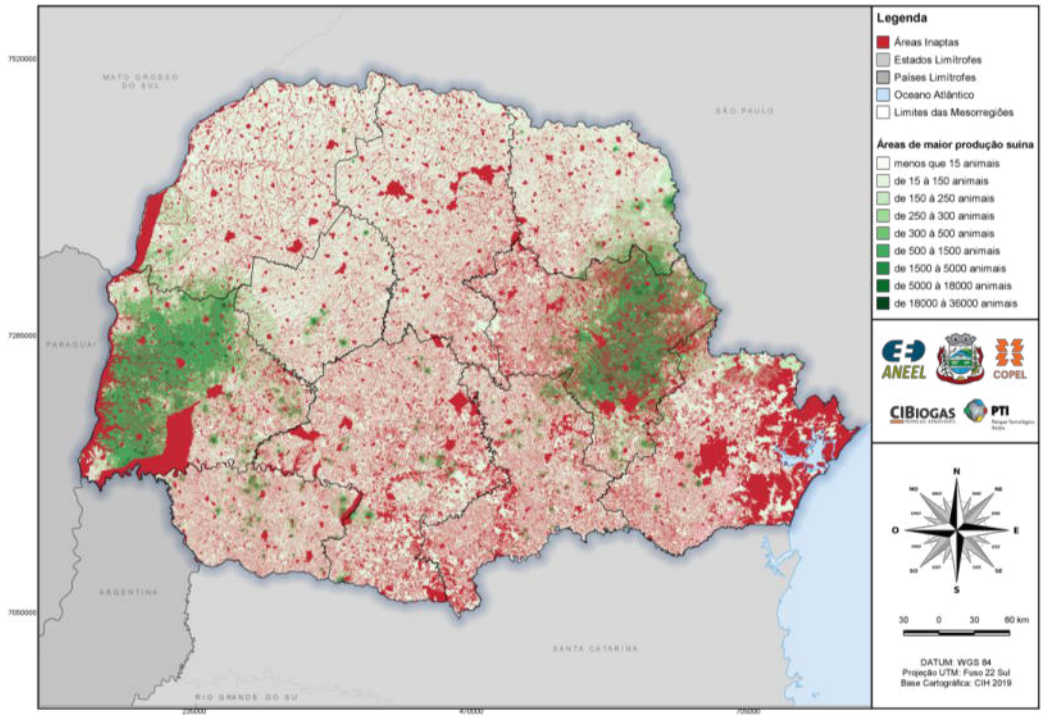
Tabela 3. Total de área apta à implantação de unidades de geração de energia elétrica a partir do biogás no estado do Paraná e nas mesorregiões.

Mesorregião	Área Territorial (Km²) *	Área Apta (Km²)	% de Área Apta	Efetivo de Suíno (cabeças)*
Centro Ocidental Paranaense	11.935,28	9.299,14	77,91	88.495
Centro Oriental Paranaense	21.853,53	13.909,99	63,65	857.304
Centro-Sul Paranaense	26.473,78	17.698,73	66,85	309.527
Metropolitana de Curitiba	22.822,35	12.236,52	53,62	136.563
Noroeste Paranaense	24.488,72	19.572,56	79,92	103.911
Norte Central Paranaense	24.555,75	18.934,32	77,11	155.359
Norte Pioneiro Paranaense	15.726,68	12.070,27	76,75	146.728
Oeste Paranaense	22.850,99	16.189,08	70,85	4.298.588
Sudeste Paranaense	16.950,10	11.041,71	65,14	290.441
Sudoeste Paranaense	11.650,72	8.374,04	71,88	507.153
Estado do Paraná	199.307,93	139.326,35	69,91	6.894.069

*fonte: IBGE (2017).

Na Figura 1, observa-se a ilustração dos dados da Tabela 3, onde as geometrias em vermelho indicam as áreas inaptas para implantação de plantas produtoras de biogás e a graduação da cor verde indica maior concentração de produção de suínos no Paraná.

Figura 1. Mapa das áreas inaptas à implantação de plantas de biogás e concentração da produção de suíno no estado do Paraná.



Conclusões

O estudo indicou que há uma extensa área disponível para a implantação de plantas produtoras ou arranjos técnicos de biogás no Paraná, onde 69,91% de seu território, segundo a restrição de aspectos da legislação e regulamentações, é apto a receber este tipo de infraestrutura. Mais detalhado, o Noroeste Paranaense é a mesorregião com maior área apta, porém a maior produção de cabeças de suínos, ou seja, maior produção de biomassa, está no Oeste Paranaense, o qual apresentou 70,85% de sua área disponível para instalação de plantas produtoras de biogás.

O mapeamento realizado neste trabalho trata-se de um estudo em andamento, que apresentará áreas predispostas à implantação de arranjos técnicos de biogás, contudo, constata-se a necessidade de levantar demais parâmetros que auxiliem a discriminar as extensões territoriais com maior e menor aptidão, e promover de forma pontual os melhores locais para o sistema em questão.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao P&D “COPEL-06491-0287/2012 – Arranjo técnico e comercial de geração distribuída de energia elétrica a partir do biogás de biomassa residual da suinocultura em propriedades rurais no município de Entre Rios do Oeste do Paraná”, em parceria com o Parque Tecnológico Itaipu (PTI), a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), o Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CiBiogás), a Prefeitura Municipal de Entre Rios do Oeste e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Referências Bibliográficas

CABRAL, A. V. (2012) Análise multicritério em Sistema de Informação Geográfica para localização de aterros sanitários. O caso da região sul da Ilha de Santiago, Cabo Verde. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa. pp. 8-113. Disponível em: http://hdl.handle.net/10362/8627. Acesso em: 21/08/2018.

GERVÁSIO, E. W. 2017. Suinocultura Paranaense. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), Departamento de economia rural, pp.7-8. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/suinocultura/informe_suinos_maio_17.pdf. Acesso em: 30/08/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área Territorial Oficial - Consulta por Unidade da Federação. 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr.html. Acesso em: 27/03/2019.

KONZEN, E. A. (2007) Aproveitamento Energético de Biogás: a experiência da suinocultura no tratamento de efluentes. Embrapa Milho e Sorgo em anais de congresso. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35173/1/Aproveitamento-energetico.pdf. Acesso em: 27/08/2018.

RIZZONI, L. B., TOBIAS, A. C. T., DEL BIANCHI, M., GARCIA, J. A. D. (2012) Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos suínos. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária. V.9, N.18, pp. 1-20.

ROHSTOFFE, F. N. (2010) Guia Prático do Biogás - Geração e Utilização. Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha. 5º edição. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/guia-pratico-do-biogas.pdf. Acesso em: 25/08/ 2018.

QUALIDADE ENERGÉTICA DA CARBONIZAÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTATIS DO LITORAL CATARINENSE

Aline Lima de Sena[1], Martha Andreia Brand[2], Taíse Mariano Rodrigues[3], Adriel Furtado de Carvalho[4], Larissa Cardoso Kuster[5]

[1] Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC.
[2]Orientadora, Professora do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias – a2mab@cav.udesc.br
[3]Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC.
[4]Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC, bolsista de iniciação científica PIVIC/UDESC.
[5]Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias -UDESC.

Resumo

Dentro do cenário econômico brasileiro atual, a necessidade de utilizar fontes renováveis para geração de energia, a fim de substituir combustíveis de origem fóssil e hidrelétrica, está crescendo. Na região de Biguaçu, SC, agricultores familiares utilizam o sistema "roça de toco" para manejar pequenos fragmentos florestais de forma sustentável, cultivando culturas anuais e produzindo lenha. Tendo em vista que, o correto manejo e uso da madeira par uso energético auxilia na preservação dos recursos florestais, o presente estudo tem por objetivo avaliar a qualidade da madeira de quatro espécies florestais através da massa específica, bem como avaliar o processo de carbonização da madeira, analisando variáveis físicas e químicas por meio da análise imediata, composta por teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis e teor de cinzas. As espécies florestais estudadas foram Vassourão (Piptocarpha angustifolia Dusén ex Malme), Cortiça (Annona rugulosa (Schltdl.) H.Rainer), Jacatirão (Miconia cinnamomifolia (DC.) Naudin) e Ingá macaco (Inga vera Willd). A madeira das espécies estudadas apresenta qualidade para a produção de energia, no entanto a madeira de Jacatirão 2 apresenta melhor qualidade para uso como lenha.

Palavras-chave: *"Roça de toco", Lenha, Qualidade.*

Introdução

Mais de dois milhões de pessoas dependem diretamente da madeira para cozinhar ou se aquecerem, principalmente famílias de países em desenvolvimento. O uso doméstico representa um terço do consumo global de fontes de energia renováveis. A madeira não é apenas uma fonte energia renovável importante, mas também fonte de energia descentralizada no mundo (FAO, 2013, p. 30).

Em termos energéticos, a madeira é tradicionalmente chamada de lenha e, nessa forma, sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade. Ao longo dos tempos, passou a ser utilizada como combustível sólido, líquido e gasoso, em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (BRITO, 2007, p.1).

Durante muito tempo a madeira para a produção de carvão foi extraída, principalmente de florestas nativas, cujas terras eram então convertidas para outros usos. Ainda hoje, cerca de metade da madeira carbonizada vem de ecossistemas nativos, apesar do crescimento dos plantios florestais para esse propósito. Dados do IBGE (2012) apontam que em Santa Catarina, aproximadamente 2.561 toneladas de carvão vegetal são produzidas de florestas nativas e, 8.294 toneladas produzidas a partir de produtos da silvicultura. Ainda dados desse estudo em Santa Catarina, demonstram que 1.429.486 metros cúbicos de lenha são produzidos de florestas nativas e, 8.322.064 metros cúbicos produzidas de produtos da silvicultura.

No Censo Agropecuário realizado pelo IBGE (2006), a produção agropecuária no estado de Santa Catarina é realizada em pelo menos 87 % pela agricultura familiar, sendo em Biguaçu 482 destas propriedades rurais particulares.

Afirma-se que “os agricultores de Biguaçu possuem fontes de renda bastante diversificadas, tanto pela exploração da sua área quanto na própria cidade, esta interação meio rural e urbana é bastante complexa” (ULLER-GÓMEZ & GARTNER, 2008, p. 30).

A avaliação energética da madeira das espécies utilizadas pelos agricultores, é de suma importância para apoiar iniciativas de melhoria dos processos produtivos. Pois, a falta de conhecimento sobre as espécies, leva a redução do seu potencial de utilização (WEISE, 2013, p. 6).

Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial energético da madeira de quatro espécies florestais nativas da região de Biguaçu, Santa Catarina.

Material e Métodos

Para a realização do estudo foram selecionadas propriedades rurais localizadas na comunidade de Três Riachos, (latitude 27º 25’ S, longitude 48º 48’ O e altitude de 93 metros), interior do município de Biguaçu, região metropolitana de Florianópolis, Santa Catarina. Na região, o sistema de manejo “roça-de-toco” é praticado por inúmeros agricultores familiares, sendo realizado o corte, a queima e a agricultura nas áreas de manejo da floresta nativa em ciclos de rotação geralmente inferiores a 15 anos.

Foram coletados vários fragmentos (toretes) por espécie estudada (Tabela 1). As espécies foram escolhidas em função da superior densidade nos fragmentos florestais da região e, pela qualidade para carvão vegetal citada pelos agricultores, decisões baseadas em questionários

aplicados. As amostras foram coletadas em duas propriedades distintas, no local e, data em que seriam inseridas em fornos artesanais para produção de carvão vegetal. No Produtor I, a madeira era seca no interior da mata em clareiras, para facilitar a secagem. No Produtor II, a madeira era seca em galpão, protegido de chuvas.

Tabela 1. Espécies coletadas e respectivas famílias e local de coleta.

Nome Comum	Nome Científico	Família	Produtor
Jacatirão	*Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin	Melastomataceae	I e II
Cortiça	*Annona rugulosa (*Schltdl.*) H.Rainer*	Annonaceae	II
Vassourão	*Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme	Asteraceae	II
Ingá Macaco	*Inga vera* Willd	Fabaceae	II

Fonte: SENA (2019)

Após a coleta de campo, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages – SC para a realização das análises das propriedades físicas e energéticas dos toretes. As propriedades físicas determinadas foram: teor de umidade na base úmida, conforme NBR 14929 (ABNT, 2003a) e, massa específica básica, de acordo com NBR 11491 (ABNT, 2003b). A análise energética foi composta por: poder calorífero superior, realizado em bomba calorimétrica, conforme a norma DIN 51900 (DIN, 2000); análise química imediata, composta por teor de carbono fixo e teor de voláteis à 900º C em Termobalança Gravimétrica, conforme ASTM 1762 (ASTM, 2007), e teor de cinzas à 525º C, em forno tipo mufla. Para todas as variáveis determinadas foram utilizadas cinco repetições de laboratório.

Para obtenção do poder calorífico líquido, utilizou-se a Equação 1:

$$PCL = PCS * \left[\frac{(100 - TUbu)}{100}\right] - (6 * TUbu) \quad (1)$$

Onde: PCL: poder calorífico líquido, kcal kg^{-1}; PCS: poder calorífico superior, kcal kg^{-1}; TUbu: Teor de umidade na base úmida, %;

Para a obtenção da densidade em carbono fixo e densidade energética, realizou-se a multiplicação entre a massa específica básica e o carbono fixo.

$$DE = DB \text{ X } PC/100 \quad (2)$$

Em que:

DE = densidade energética expressa em Mcal/m3;

DB = densidade básica expressa em Kg/m3;

PC = poder calorífico superior expresso em Kcal/Kg.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, de 4 tratamentos com 5 repetições . Os resultados foram submetidos à análise de variância, quando verificado diferença significativa aplicou-se teste de Scott-knott, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas no software Sisvar, versão 5.3.

Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para as espécies selecionadas para as análises de propriedades energéticas e físicas da madeira.

Tabela 2. Valores médios de teor de umidade na base úmida (TUbu), massa específica básica (MEB), poder calorífico superior (PCS), teor de voláteis (TV), teor de cinzas (TC) e teor de carbono fixo (TCF) da madeira das espécies estudadas.

Espécie	TUbu (%)	MEB (g cm^{-3})	PCS (kcal kg^{-1})	TV (%)	TC (%)	TCF (%)
Vassourão	30,82 d	0,375 a	4286 b	81,82 e	0,79 c	17,39 a
Cortiça	16,62 a	0,488 c	4392 b	80,54 c	0,97 d	18,49 c
Jacatirão I	48,90 e	0,545 d	4648 a	79,55 b	0,80 c	19,65 d
Jacatirão II	17,59 b	0,622 e	4224 c	79,08 a	0,72 b	20,40 e
Ingá-macaco	20,53 c	0,470 b	4299 b	81,32 d	0,56 a	17,86 b
Média	26,89	0,5	4369	80,46	0,76	18,75
Desvio Padrão	13,536	0,09	166	1,15	0,14	1,24

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância, pelo teste de Scott-knott. Fonte: SENA (2019)

A Tabela 3 apresenta os parâmetros analisados quanto a energia líquida e densidades energéticas.

Tabela 3. Parâmetros de Poder Calorífico Líquido (PCL), Densidade de Carbono Fixo (DCF), Densidade energética em base PCS (DES) e, Densidade energética em base PCL (DEL) para as espécies de estudo.

Espécie	PCL (kcal kg^{-1})	DCF (kg m^{-3})	DES (Mcal m^{-3})	DEL (Mcal m^{-3})
Vassourão	2780	65	1607	1043
Cortiça	3562	90	2143	1738
Jacatirão I	2082	107	2533	1135
Jacatirão II	3375	127	2627	2100
Ingá-macaco	3293	84	2021	1548
Média	3018	94	2186	1512
Desvio	598	23,5	412	435

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância, pelo teste de Scott-knott. Fonte: SENA (2019)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que o teor de umidade da madeira das espécies estudadas variou entre 16,62 e 48,90 %, com média de 26,89 %. Estatisticamente o melhor teor de umidade é encontrado para Cortiça com 16,62 %, seguido de Jacatirão 2 com 17,59 % e, Ingá Macaco com 20,52 %, os quais estavam estocados em local protegido das chuvas. Os piores teores de umidade foram encontrados para Jacatirão 1 com 48,90 %.

O maior valor de massa específica básica foi encontrado para Jacatirão 2 (0,622 g cm^{-3}), seguido de Jacatirão 1 (0,545 g cm^{-3}) e, Cortiça (0,488 g cm^{-3}). Os menores valores foram encontrados para Vassourão (0,375 g cm^{-3}). Segundo parâmetros do Laboratório de Produtos

Florestais (2013), são consideradas madeiras leves Ingá Macaco, Cortição e Vassourão, todas do mesmo produtor; as demais são consideradas madeiras média massa específica básica. Brand (2010, p. 55) destaca ainda que a massa específica básica tem relação direta com a quantidade de energia líquida por volume de madeira.

Segundo Vale (2002, p. 75) o uso de madeiras de baixa massa específica básica implica na rápida queima da madeira e baixa produção por volume. Madeira muito pesada tem dificuldade de entrar em combustão. Para uso doméstico, na cocção de alimentos, sugere-se o uso de madeiras de massa específica básica média a pesadas, entre 0,650 g cm^{-3} e 0,800 g cm^{-3}.Desta forma, nenhuma encaixa-se na classificação.

Analisando poder calorífico superior (PCS), maiores valores foram encontrados para Jacatirão 1 com 4648 kcal kg^{-1}. Com PCS intermediários para Cortição (4392 kcal kg^{-1}), Ingá Macaco (4299 kcal kg^{-1}), Vassourão (4286 kcal kg^{-1}).

Quanto à análise química imediata, composta por teor de cinzas, carbono fixo e voláteis, tem-se: o teor de cinzas variou de 0,56 % a 0,97 %, já o teor de voláteis da madeira das espécies estudadas variou de 79,08 % (Jacatirão 2) a 81,82 % (Vassourão), sendo que a média geral foi de 80,46. Esta propriedade apesar de estar ligada intrinsecamente com características químicas das espécies, apresentou baixa variação dentro das espécies. O teor de carbono fixo da madeira variou de 17,39 % (Vassourão) a 20,40 % (Jacatirão 2). Brand (2010, p. 28) destaca que madeiras com alto teor de carbono fixo e baixo teor de voláteis, tendem a queimar mais lentamente

Pode-se observar na Tabela 3, que o PCL varia de 2082 kcal kg^{-1} (Jacatirão 1) a 3562 kcal kg^{-1} (Cortiça), com média geral de 3018 kcal kg^{-1} e desvio padrão de 598 kcal kg^{-1}. Como observado na Equação 1, o PCL considera o teor de umidade da biomassa. Salienta-se que o uso de madeiras com reduzido teor de umidade pode contribuir para estratégias de conservação de florestas secundárias, a uma demanda energética constante.

A DCF teve maior densidade atribuída para Jacatirão 2 (127 kg m^{-3}) e menor para Vassourão (65 kg m^{-3}). Um dos compostos que mais contribuem para o carbono fixo, segundo Brito & Barrichello (1982, p. 4) é a lignina, que possui elevada resistência à degradação térmica, em função da complexa composição química-estrutural e, pelo fato desta apresentar teores de carbono elementar na ordem de 65 %.

A DES média das espécies estudadas foi de 2186 Mcal m^{-3}, com elevado desvio padrão, de 412 Mcal m^{-3}.Houve elevada variação na DES, visto a variação da densidade básica da madeira das espécies.

A DEL foi em média de 1512 Mcal m^{-3}, com também elevado desvio padrão (435 Mcal m^{-3}), relacionado à elevada variação de densidade básica e de poder calorífico líquido.

Conclusões

Com o presente estudo pode-se concluir que as madeiras das espécies florestais estudadas apresentam qualidade energética. Na análise química imediata o teor de voláteis foi alto, inversamente ao teor de carbono fixo que foi baixo, para as mesmas espécies. O teor de cinzas foi baixo para todas as madeiras coletadas. Apresentaram teor de umidade ideal (abaixo de 30

%) a madeira de Cortiça, Jacatirão 2 e Ingá-Macaco. O poder calorífico líquido foi alto para madeira de Cortiça, Jacatirão 1 e Ingá-Macaco. A madeira de Jacatirão 2 teve maior densidade de carbono fixo, densidade energética em base poder calorífico superior e densidade energética em base poder calorífico líquido, apresentando melhor qualidade para uso como lenha.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1762**: Standard Test Method for Chemical Analysis of wood charcoal. PA: American Society for Testing and Materials, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11491**: Determinação da Densidade Básica. Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14929**: Madeira, determinação do teor de umidade de cavacos, método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003 a.

BRAND, M. A. **Energia de Biomassa Florestal**. Rio de Janeiro, Interciência. 2010, 114p.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G.: Correlações entre características físicas e químicas da madeira para produção de carvão: 2 Densidade da madeira x densidade do carvão. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 20, p. 121-6, 1980.

BRITO, J.O. The use of wood as energy. Estudos avançados, São Paulo, vol. 21 n. 59, 9p. jan/apr. 2007.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. **DIN 51900**: Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value. Berlim, 2000.

FAO. El Estado de los Bosques del Mundo. Cap 3. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s00.htm>, acessado em: 31 de maio de 2019.

IBGE. Base de Dados @Cidades: Biguaçu. Censo Agropecuário - 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>, acessado em: 31 de maio de 2019

IBGE. Base de Dados @Estados: Produção da Extração Vegetal e Silvicultura de 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sc&tema=extracaovegetal2011> acessado em 31 de maio de 2019.

ULLER-GÓMEZ, C. & GARTNER,C. Um caminho para conhecer e transformar nossa comunidade. Relatório final de pesquisa vinculada ao TOR 23/2006. Florianópolis: EPAGRI/MB2, 2008. 111p.

VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p.71-80, 2002.

WEISE, S. M. K.; BRAND, M. A.; CARVALHO, A. F. DE; NONES, D. L.; FRIEDERICHS, G.; DE MARCO, F. T. Qualidade da madeira e do carvão vegetal obtido a partir de Hyeronima alchorneoides Allemão (Licurana). Revista Ceres, Viçosa/MG, 2013. No prelo

RENTABILIDADE E RISCO NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇUCAR NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS

Franklin de Souza Barbosa[1], Maura Seiko Tsutsui Esperancini[2]

[1]*Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura – FCA/UNESP – Botucatu, São Paulo, Brasil. franklin.barbosa@unesp.br.*

[2]*Docente no Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura – FCA/UNESP – Botucatu, São Paulo, Brasil. maura.seiko@unesp.br.*

Resumo

O presente trabalho objetivou realizar a análise econômica do produção de cana-de-açúcar em dois dos principais estados produtores brasileiros: São Paulo e Minas Gerais, avaliando rentabilidade e riscos. Através da avaliação das variáveis preço do produto e produtividade e custos foi possível verificar as principais fontes de risco e influências que impactam na variação da renda líquida. O resultado do estudo mostrou que a rentabilidade na produção de cana-de açúcar, para o período analisado mostrou-se mais sensível no estado de Minas Gerais, pois este apresenta possibilidades de risco maiores em menores níveis de risco e menores rentabilidades em maiores níveis de risco. Comparando-se também o mesmo percentil de risco entre os dois estados, em cenários de menor (a 5%) ou de maior risco (a 95%), o estado de São Paulo apresentou valores sempre superiores aos de Minas Gerais. Neste cenário avaliado, a produção de cana-de-açúcar apresenta menores riscos a rentabilidade no estado de São Paulo.

Palavras-chave. cana-de-açúcar. sensibilidade. análise de risco.

Introdução

Os estados de São Paulo e Minas Gerais estão entre os três mais importantes produtores de cana-de-açúcar do Brasil. De acordo com a Conab (2018), São Paulo é o maior produtor da *commodity* com uma produção estimada de 330.063 mil toneladas para a safra 2018/2019 em uma área de 4458,1 mil hectares. Minas Gerais possui a terceira maior produção brasileira com um volume estimado de 61.069 mil toneladas para uma área de produção de 848 mil hectares. Ambos estados apresentam produtividade média próxima a produtividade brasileira (71,3 ton ha^{-1}). No que se refere a produção de álcool e açúcar, o estado de São Paulo também é o maior produtor de ambos com 20,1 milhões toneladas de açúcar e 15,5 bilhões de litros de álcool. Minas Gerais, por sua vez, atende a uma produção de 3,1 milhões de toneladas de açúcar e 3,3 bilhões de litros de álcool, sendo o segundo e o terceiro maior produtor nestes produtos, respectivamente.

A consolidação do mercado canavieiro voltado ao setor sucroenergético no Brasil se deu nos anos de 1970 sob forte intervenção estatal através de melhoria das práticas agrícolas e intensificação do melhoramento vegetal a novas variedades (MARTINELLI; FILOSO, 2008). Soma-se a isso a proliferação de adoçantes artificiais que chegaram ao Brasil para competir o açúcar proveniente da cana-de-açúcar e a capacidade ociosa das usinas na produção de álcool (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011), permitindo o desenvolvimento do setor.

No estado de São Paulo a produção canavieira é altamente difundida, sendo que mais de 200 municípios possuem área total cultivada superior a dez mil hectares (CANASAT, 2014). Smeets *et al*. (2008) aponta que São Paulo apresentava uma combinação favorável entre solo, fertilidade e clima favoráveis à produção canavieira, além de boa infraestrutura e alavancagem do programa Próalcool, tornando o estado o mais importante produtor mundial. Outra conjuntura de grande impacto positivo no setor para o estado ocorreu ao final dos anos de 1990, pois com a desregulamentação do setor, ocorrida em 1999, a introdução dos carros bicombustíveis e a crescimento da comercialização das *commodities* agrícolas fez com que houvesse incrementos nas áreas de cultivo da ordem de 125% entre 2000 e 2015 e sua produção em 128% (CALDARELLI; GILIO, (2018).

De acordo com o Canasat (2014), Minas Gerais tem sua produção canavieira localizada majoritariamente na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com o município de Uberaba sendo o maior produtor com aproximadamente 10% da produção estadual. Essa concentração ocorre devido a excelente infraestrutura agroindustrial e logística (SHIKIDA et al., 2010) em razão dos descontos oferecidos em impostos como ICMS e ISS para instalação de usinas sucroenergéticas e centros logísticos voltado a escoamento da produção (DOS SANTOS, 2017) tornando a região mais competitiva a produção da *commodity*.

Dada a importância da presença de mercado destes dois estados no setor sucroalcooleiro e dos riscos que impactam na rentabilidade na produção de cana-de-açúcar, o objetivo deste estudo é avaliar a rentabilidade e o risco da produção de cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Minas Gerais no período de 2001 a 2018.

Material e Métodos

Neste estudo, utiliza-se o Método de Simulação Estocástica (ou Método de Monte de Carlo) para determinar a rentabilidade (descrito neste estudo como renda líquida) e risco na produção de cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Minas Gerais, por relacionar elementos aleatórios referente aos riscos de variação nos dois estados.

O método de Monte Carlo é eficiente nesta avaliação por permitir que se realize simulações, criando cenários hipotéticos, além de minimizar riscos e avaliar melhor incertezas. O método também oferece um maior número de alternativas que podem contribuir para a tomada de decisões (RIGO; WEISE, 2016), além de ser mais ágil e reduzir custos na realização das avaliações (CRUZ, 1986).

Conforme descrito acima, os estados escolhidos para este estudo foram São Paulo e Minas Gerais, por representarem dois dos maiores produtores de cana-de-açúcar do Brasil, mas que

possuem capacidades técnicas diferentes (SHIKIDA, 2011). Para realizar a simulação dos cenários e determinar a renda líquida (rentabilidade) foi utilizado o programa @Risk 7.5 (PALISADE CORPORATION, 2002).

Associou-se três variáveis à rentabilidade: preços do produto, produtividade e os custos de produção. Para os preços, foi tomada uma série de preços pagos ao produtor rural (dado em R$ ton^{-1}) entre os anos de 2001 e 2018. Os preços retratam a média de cada mês e os valores foram deflacionados de acordo com o IGP-DI divulgado pela Fundação Getúlio Vargas, com base no mês de fevereiro de 2019. Por se tratarem de dois estados diferentes, os preços de São Paulo foram compilados pelo IEA (Instituto de Economia Agrícola), fornecidos pelo Agrianual (2018) enquanto que os preços de Minas Gerais foram agregados pelo IBGE/PAM (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Produção Agrícola Municipal), fornecidos pela Secretaria de Agricultura do estado. Após deflacionamento, foi determinada a distribuição de frequência através do critério de Qui-Quadrado por apresentar melhores resultados estatísticos.

Para a produtividade, foram tomadas as séries de valores disponibilizadas pelo IBGE/PAM para os estados de São Paulo e Minas Gerais entre os anos de 2001 e 2018 e a distribuição de frequência determinada para melhor avaliar foi a triangular.

Por fim, o Custo Operacional Total (dado em R$ ton^{-1}) utilizado foi o estimado pelo Agrianual que inclui todas as atividades que envolvem o cultivo de cana-de-açúcar tomado como referência o ano-safra de 2018/2019.

O indicador de rentabilidade é dado pela seguinte expressão:

$$RL = (p \times y) - COT$$

Em que:

RL – Renda Líquida (R$ ha^{-1});

p – Preços pagos ao produtor (R$);

y – Produtividade do estado (ha);

COT – Custo Operacional Total (R$ ha^{-1}).

Resultados e discussão

Foram feitas análises dos indicadores estatísticos e a identificação das variáveis críticas que foram consideradas fontes de risco neste estudo. A Tabela 1 mostra os indicadores estatísticos de risco referentes a renda líquida.

Tabela 1. Análise dos Resultados Estatísticos na Produção de Cana-de-Açúcar em São Paulo e Minas Gerais

Indicadores	Renda Líquida SP	Renda Líquida MG
Mínimo	-1113,05	-1410,51
Máximo	6213,62	4369,9
Média	937,95	435,44
Moda	977,9	-181,94
Mediana	781,84	316,82

Desvio Padrão	1024,88	838,62
Variância	1050379,014	703283,5044

Fonte: Dados de Pesquisa (2019)

O desvio padrão e a variância mostram que valores maiores em São Paulo, elevam-se os riscos de produção comparados a Minas Gerais. Ao se comparar o cenário mais pessimista entre os dois estados, nota-se que Minas Gerais possui um valor negativo mais significativo (R$ -1.410,51). No cenário mais otimista, com risco a 95%, verifica-se que São Paulo possui um valor superior (R$ 6.213,62). Este raciocínio se aplica quando se compara a renda líquida média entre os dois estados, em que o valor de São Paulo (R$ 937,95) é superior ao de Minas Gerais (R$ 435,44).

Na Tabela 2 mostra os níveis de risco que cada uma das regiões apresenta através dos percentis de risco. Pode-se dizer que quanto menor o risco, menores são os valores de renda líquida, enquanto que maiores riscos, maiores valores de renda líquida.

Tabela 2. Análise de Sensibilidade na Renda Líquida de Produção de Cana-de-Açúcar em São Paulo e Minas Gerais

Percentil de Risco (%)	São Paulo	Minas Gerais
5%	-R$ 389,47	-R$ 762,74
15%	-R$ 53,78	-R$ 365,74
25%	R$ 206,39	-R$ 145,23
35%	R$ 431,92	R$ 38,20
45%	R$ 684,69	R$ 231,48
55%	R$ 902,88	R$ 438,80
65%	R$ 1.130,68	R$ 653,43
75%	R$ 1.500,86	R$ 872,20
85%	R$ 1.935,94	R$ 1.209,27
95%	R$ 2.848,45	R$ 1.985,02

Fonte: Dados da Pesquisa (2019)

Verifica-se que para mesmo nível de risco as rentabilidades são superiores em São Paulo. Por exemplo, ao nível de 25% de risco, Minas Gerais apresenta valores negativos para rentabilidade (R$ -145,23), enquanto que em São Paulo, essa mesma rentabilidade é positiva (R$ 206,39). Quando se compara o maior percentual de risco (em 95%), Minas Gerais apresenta rentabilidade 30,3% menor que São Paulo.

Conclusões

Comparando-se dois dos principais estados produtores de cana-de-açúcar no Brasil, verifica-se que São Paulo apresentou resultados estatísticos mais significativos do que Minas Gerais. Nos cenários mais pessimistas, Minas Gerais proporciona prejuízo superior, enquanto que em cenários otimistas, São Paulo apresenta maior renda líquida (rentabilidade). Por fim, ao se analisar os percentis de risco, verifica-se que São Paulo apresenta indicadores mais rentáveis de acordo com que se aumenta o risco a rentabilidade. Dessa forma, posto o cenário acima, o estado de São Paulo oferece menores riscos ao investimento na produção de cana-de-açúcar, quando se compara com Minas Gerais

Agradecimentos

Agradecimento a CAPES pelo financiamento dessa pesquisa.

Referências Bibliográficas

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. 14. ed. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos, 2009. p.218-235.

ALMEIDA, Thomé Simpliciano; CALIJURI, Maria Lúcia; PINTO, Luciana Barros. Zoneamento agro-climático da cana-de-açúcar para o estado de Minas Gerais com base em regressões múltiplas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 3, 2013. Disponível em http://submission.scielo.br/index.php/rbmet/article/view/45036/8391. Acesso em 03 mar. 2019.

CALDARELLI, Carlos Eduardo; GILIO, Leandro. Expansion of the sugarcane industry and its effects on land use in São Paulo: Analysis from 2000 through 2015. **Land use policy**, v. 76, p. 264-274, 2018. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718300565. Acesso em 04 mar. 2019

CANASAT. **Área de Cana-de-Açúcar.** 2014. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>. Acesso em: 12 mar. 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira – cana-de-açucar: Terceiro levantamento, dezembro 2018 – safra 2018/2019. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana. Acesso em: 04 mar. 2019.

MARTINELLI, Luiz A.; FILOSO, Solange. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological applications**, v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008. Disponível em https://doi.org/10.1890/07-1813.1. Acesso em 05 mar. 2019.

PAM. Produção Agrícola Municipal. In: IBGE. Sidra: Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas >. Acesso em: 10 mar. 2019.

RIGO, Paula Donaduzzi. Análises de viabilidade econômica na produção de arroz em São Gabriel–RS, por meio da simulação Monte Carlo. 2016. Disponível em https://repositorio.ufsm.br/handle/1/2702. Acesso em 10 mar. 2019.

DOS SANTOS, Henrique Faria. Competitividade Regional do Setor Sucroenergético do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.Formação (Online), v. 1, n. 25, 2017. Disponível em: http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/5025/3942. Acesso em 23 mar. 2019.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis; AZEVEDO, Paulo Furquim de; VIAN, Carlos Eduardo de Freitas. Desafios da agroindústria canavieira no Brasil pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 599-628, 2011. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032011000300004&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 10 mar. 2019.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis; DE AZEVEDO, Paulo Furquim; DE FREITAS VIAN, Carlos Eduardo. Uma análise das capacidades tecnológicas da agroindústria canavieira em Minas Gerais. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 8, n. 2, 2010. Disponível em https://periodicos.ufv.br/ojs/rea/article/download/7492/3082. Acesso em 18 mar. 2019.

SMEETS, Edward et al. The sustainability of Brazilian ethanol—an assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and bioenergy**, v. 32, n. 8, p. 781-813, 2008. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.005. Acesso em 18 mar. 2019.

Síntese de fluxogramas alternativos para o processo de geração de energia a partir de RSU

Júlia Pancini de Oliveira[1], Ana Mehl[2], Fernando Luiz Pellegrini Pessoa[3]

[1]*Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, juliapancini26@gmail.com*

[2,3]*Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

Resumo

O aumento da população mundial e o crescente consumo de bens acarretaram uma elevada geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), que impossibilita o desenvolvimento sustentável da sociedade, caso sejam negligenciados. Em 2010, foi implementada no Brasil uma política nacional que regula os resíduos sólidos, mas na prática nem todas as diretrizes funcionam, ainda há lixões no país e nem toda a população é atendida pela coleta. A Política Nacional de Resíduos Sólidos inclui a hierarquia do gerenciamento dos resíduos, segundo a qual antes da disposição final dos resíduos em aterros, deve ser realizado seu reaproveitamento energético. Menos de 0,1% dos resíduos gerados no Brasil é utilizado na produção energética. Contrapondo a esse cenário, na Europa há mais de 500 plantas waste-to-energy e na Alemanha cerca de 53% do RSU é aproveitado na geração de energia e menos de 1% é destinado à aterros. O presente trabalho caracteriza o cenário do RSU no estado do Rio de Janeiro, e identifica as tecnologias disponíveis para a geração de energia a partir destes. Por meio da teoria de síntese de processos e das tecnologias identificadas, foi possível dividir o processo de geração de energia a partir de RSU em 7 subsistemas, cada um com pelo menos duas alternativas. Obteve-se 1.440 fluxogramas alternativos, representados por uma superestrutura. As diferentes tecnologias encontradas foram hierarquizadas pelo potencial de geração de energia com o RSU do estado do Rio de Janeiro. Neste contexto, a configuração mais promissora é a tecnologia de combustão, com a qual o estado do Rio de Janeiro apresentou um alto potencial de geração energética. Com coleta efetiva, e todo resíduo do estado encaminhado para o tratamento, é possível gerar até 14.256.095 MWh por ano, correspondendo à 94% da demanda energética da capital. A partir da superestrutura é possível estabelecer regras heurísticas, identificando um fluxograma mais promissor, e otimizar o sistema, encontrando o fluxograma ótimo para o processo analisado.

Palavras-chave. Síntese de Processos. Resíduo sólido urbano. Bioenergia. *Waste-to-energy*.

Introdução

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um problema global. Projetando o valor apurado pelo Banco Mundial em 2012, com base no crescimento populacional, estima-se que atualmente seja gerado 1,4 bilhão de tonelada de RSU por ano no mundo, e espera-se um aumento de 800 milhões de toneladas até 2025 (HOORNWEG, 2012). A partir dos valores

apresentados, em 2013, no Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro, estima-se que hoje, o estado do Rio de Janeiro gere 6,7 milhões de toneladas de RSU/ano (SEA, 2013).

A atual gestão dos RSU não é sustentável por apresentar problemas como o aumento na geração, a falta de coleta (tanto comum como seletiva) e a disposição final inadequada. Esse último pode gerar impactos ambientais como contaminação de águas pelo lixiviado, poluição do ar por queima indevida e emissão de gases de efeito estufa em aterros e lixões (HOORNWEG, 2012). Uma solução é a geração de valor dos RSU, que podem ser utilizados para recuperação energética.

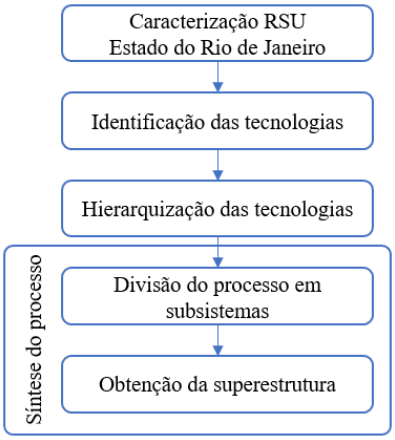
A Política Nacional de Resíduos sólidos prevê a recuperação energética como uma disposição final preferencial em relação à aterros, no entanto, menos de 0,1% dos RSU do Brasil são utilizados para recuperação energética (BRASIL, 2010). No estado do Rio de Janeiro, apesar de 96% dos RSU serem coletados, 90% é encaminhado à aterros (SEA, 2013).

O presente estudo tem como foco a geração de valor por meio da recuperação energética do RSU do estado do Rio de Janeiro. Com isso, são pospostos fluxogramas alternativos por meio da metodologia de síntese de processos para esse aproveitamento, além de hierarquizar as tecnologias disponíveis por potencial de produção energética. Para isso, foi realizada uma caracterização dos RSU do estado do Rio de Janeiro e identificação das tecnologias disponíveis na literatura para o processo.

Material e Métodos

A metodologia proposta para este estudo é representada na Figura 1 e detalhada a seguir.

Figura 1. Metodologia



Fonte: Elaboração própria

Por meio da revisão bibliográfica foi realizada a caracterização do RSU do estado do RJ e a identificação das tecnologias para o processo de geração de energia a partir de RSU. O conhecimento acerca da gravimetria do RSU é importante por possibilitar a compreensão do que o compõem e como esses materiais podem ser valorados na geração de energia.

Tendo identificado as tecnologias e seus respectivos rendimentos a partir do RSU é possível hierarquizá-las de acordo com a maior produção de energia. Tendo em vista o cenário dos resíduos no Rio de Janeiro e com base na teoria de síntese de processos, o sistema geração de

energia a partir de RSU foi subdividido em sete subsistemas: separação na fonte, triagem mecânica, tecnologia, redução granulométrica, secagem, pré-tratamento químico e conversão. Cada um destes apresenta mais de um estado como possibilidade. Combinando as alternativas plausíveis, obtém-se 1.440 fluxogramas alternativos, que formam uma superestrutura.

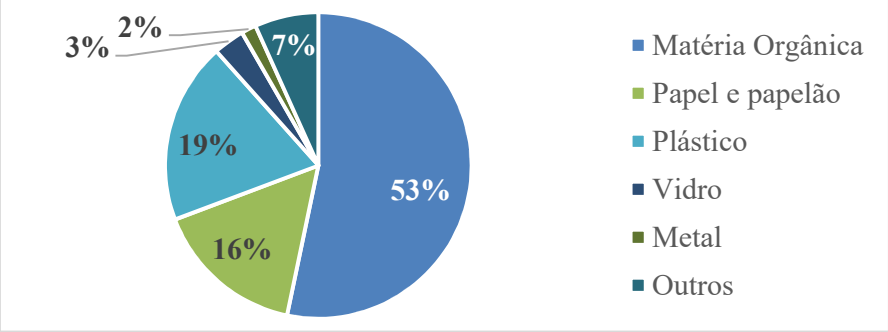
Resultados e discussão

Resíduos

Resíduo sólido é todo material em estado sólido; semi-sólido ou gasoso em recipientes; e líquido inviável de ser lançado em corpos líquidos, resultante de atividade humana que não possui mais utilidade imediata e será conduzido à destinação final (BRASIL, 2010). Os RSU são os provenientes de atividades domésticas e do serviço de limpeza urbana, são classificados como não perigosos não inertes, por serem combustíveis, biodegradáveis ou solúveis em água.

Além dessas classificações é importante conhecer a composição dos RSU. A Figura 2 apresenta a gravimetria em massa típica do RSU do estado do Rio de Janeiro (SEA, 2013). A fração orgânica é a mais representativa, com 53% do RSU, seguida pelas frações recicláveis de plástico (19%) e papel e papelão (16%) (SEA, 2013). Esses três principais componentes representam 88% do RSU do estado, e são possíveis de gerar valor. A grande fração de matéria orgânica evidencia um potencial de geração de energia com o biogás.

Figura 2. Composição global do RSU do estado do Rio de Janeiro



Fonte: SEA, 2013

Estima-se que o estado do Rio de Janeiro gere anualmente cerca de 6,7 milhões de toneladas de RSU (SEA, 2013). Ainda segundo a Secretaria Estadual do Ambiente, desse total gerado 96% é coletado, mas apenas 61,6 mil toneladas são coletadas pela coleta seletiva, o que representa menos de 1% do RSU total do estado (SEA, 2013).

Tecnologias

Para a conversão do RSU em bioenergia diversas alternativas tecnológicas estão disponíveis mundialmente. A Tabela 1 apresenta um consolidado dessas tecnologias, com os requisitos necessários para o tratamento do RSU, aspectos positivos e negativos de cada alternativa e os respectivos rendimentos energéticos. Não estão disponíveis dados de rendimento energético por meio da hidrólise.

Os dados apresentados na Tabelas 1, aliados à gravimetria do RSU apresentada na Figura 2 e à quantidade de RSU gerado no estado possibilitaram realizar uma estimativa do potencial

energético do aproveitamento dos resíduos do estado do RJ. A Tabela 2 apresenta o potencial estimado para cada tecnologia. Cabe notar que a combustão apresenta um potencial de geração de 14.256.095 MWh por ano, que corresponde a 94% da demanda da capital do estado. Note ainda que o potencial de RSU tratado por digestão anaeróbia é inferior aos demais, pois apenas a fração correspondente a matéria orgânica do RSU pode ser aproveitada por esta tecnologia.

Tabela 1. Alternativas tecnológicas para o aproveitamento energético de RSU

Tecnologia	Pré-tratamento	Matéria-prima	Produto e Produto comercializável	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Digestão Anaeróbia	Mecânico: triagem; Trituração	Matéria orgânica	- Biogás - Energia (0,28 MWh/t)	Trata RSU com alta umidade e baixo poder calorífico sem secagem; Tecnologia consolidada em larga escala	Tempo; Trata apenas uma parcela do RSU; Se processo úmido, o RSU deve ser misturado à lodo industrial; Exige pré-tratamento
Pirólise	Mecânico: triagem; Moagem; Secagem	Matéria orgânica; Plástico; Papel	- Bio-óleo; Carvão; Gás de Síntese - Energia (0,24 MWh/t); Produtos Químicos	Trata mais de uma parcela do RSU; produz fração líquida: facilita transporte e estocagem	Exige pré-tratamento
Gaseificação	Mecânico: triagem; Redução granulomé-trica	Matéria orgânica; Plástico; Papel	- Gás de Síntese - Energia (1,46 MWh/t); Produtos Químicos	Trata de mais de uma parcela do RSU	Exige pré-tratamento; Alto OPEX; Combustão incompleta
Combustão	Mecânico: triagem (facultativo)	Exceto vidro e metal	- Energia elétrica (2,42 MWh/t); Aquecimento/ Resfriamento	Tecnologia consolidada em larga escala	Risco de vazamento nas grades
Hidrólise enzimática	Mecânico: triagem; Moagem; Secagem; Ácido ou básico	Papel	- Glicose - Etanol	Gera produto químico	Exige pré-tratamento; Trata apenas uma parcela do RSU; Tecnologia não consolidada em escala industrial

Fonte: OLIVEIRA (2019, p. 35, *apud* ARENA, 2012, EPA, 2018, EUROPEAN COMMISSION, 2006a,b, HOGG et al., 2002, ISWA 2012, KALOGIROU, 2018, KHAN, 1992, PEDROZA et al., 2017 e ROGOFF; SCREVE, 2011)

Tabela 2. Potencial energético no estado do Rio de Janeiro para cada alternativa tecnológica

Tecnologia	Potencial de RSU tratado (t)	Potencial energético no estado do Rio de Janeiro (MWh)
Digestão anaeróbia	3.550.161	994.045
Pirólise	5.890.949	1.413.828
Gaseificação	5.890.949	8.600.785
Combustão	5.890.949	14.256.095

Fonte: OLIVEIRA (2019, p. 40, *apud* ARENA, 2012, EPA, 2018, EUROPEAN COMMISSION, 2006b, HOGG et al., 2002, ISWA, 2012, PEDROZA et al., 2017 e SEA, 2013

Síntese de fluxogramas

Para gerar a superestrutura com os fluxogramas alternativos para o caso de geração de energia a partir de RSU, dividiu-se o processo em sete subsistemas: separação na fonte (1), triagem mecânica (2), tecnologia (3), redução granulométrica (4), secagem (5), pré-tratamento químico (6) e conversão (7). As alternativas existentes são apresentadas:

(1) A separação na fonte facilita a etapa de triagem mecânica. No entanto, o país precisa disponibilizar estrutura viável para a população realizá-la. Por isso é avaliada a possibilidade com separação na fonte (SF) e sem separação na fonte (SSF);

(2) O pré-tratamento por triagem mecânica separa os resíduos tratados pelo processo adotado. Essa triagem pode ser complexa (TMC) com triturador para abertura de sacos e com peneira, separação por ar e magnética para segregação de diferentes materiais; ou simples (TMS) para uma separação adicional, sem o triturador, nesse caso quando o RSU já vem separado na fonte;

(3) Nesse subsistema há a aplicação de uma das cinco tecnologias, sendo elas: digestão anaeróbia (TDA), pirólise (TP), gaseificação (TG), combustão (TC) e por fim, hidrólise (TH);

(4) Homogeneização e redução de tamanho podem facilitar o processamento do resíduo. Dessa forma, são avaliadas duas possibilidades de redução granulométrica, por moagem (RGM) ou utilizando triturador (RGT). É importante observar que nos casos em que são realizados a moagem é necessário passar previamente por um triturador. Além disso, também é analisada a possibilidade de não realizar a redução granulométrica (SRG);

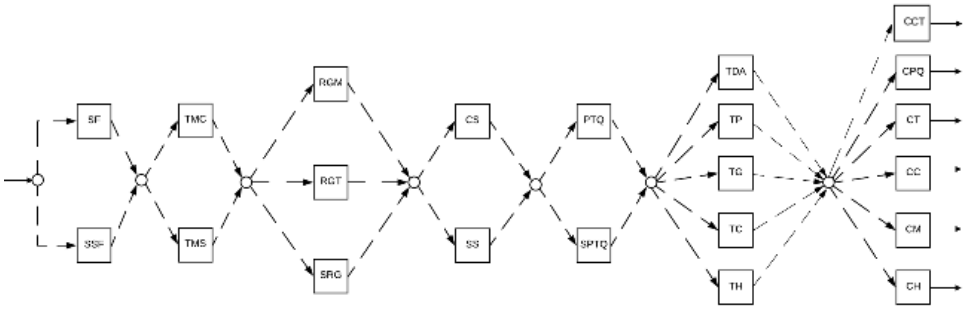
(5) Para alguns processos é necessário realizar um pré-tratamento com secagem. Dessa forma, nesse nível, será analisado o caso com secagem (CS) e sem secagem (SS);

(6) Além dos pré-tratamentos físicos mencionados nos subsistemas anteriores, pode haver a necessidade de um pré-tratamento químico. No sexto nível é analisada a necessidade de pré-tratamento químico (PTQ) ou não (SPTQ).

(7) O último subnível apresenta a conversão utilizada para transformar o produto obtido no processo no produto comercializável, ou seja, o produto desejado, energia. Essa conversão pode ser por meio de processos químicos (CPQ), turbina (CT), caldeira (CC), motor (CM), caldeira e turbina (CCT) ou fermentação (CF).

Com as possibilidades em cada subsistema, é possível gerar 1.440 fluxogramas, que estão representados pela superestrutura apresentada na Figura 3.

Figura 3. Superestrutura para o processo de geração de energia a partir de RSU



Fonte: OLIVEIRA (2019, p. 54)

Conclusões

No presente estudo, o cenário do RSU no estado do Rio de Janeiro foi caracterizado evidenciando a grande quantidade de RSU gerado anualmente, e os problemas na gestão dos resíduos como a baixa abrangência da coleta seletiva e quase inexistência de reaproveitamento energético. A revisão bibliográfica identifica cinco principais tecnologias usadas mundialmente no aproveitamento energético do RSU e seus principais aspectos e limitações; além de hierarquizar essas tecnologias pela produção energética por tonelada de RSU tratado. A partir das tecnologias identificadas o processo de produção de energia a partir de RSU foi dividido em subsistemas, possibilitando a síntese de fluxogramas alternativos e da superestrutura.

A tecnologia por combustão foi a que apresentou o maior potencial de geração de energia. Considerando que 100% do RSU do estado do Rio de Janeiro seja coletado e encaminhado para o tratamento por combustão esse potencial chega a 14.256.095 MWh. Com isso, o processo teria capacidade de suprir 94% da demanda energética da cidade do Rio de Janeiro.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 23 ago 2018.

HOORNWEG, Daniel; Bhada-Tata, Perinaz. **What a Waste**: A Global Review of Solid Waste Management. Washington, DC: World Bank, 2012. (Urban development series; knowledge papers no. 15)

OLIVEIRA, J. P. **Síntese de Fluxogramas Alternativos para o Processo de Geração de Energia a partir de RSU**. 2019. 71 f. Projeto de final de curso - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019.

SEA (SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE). **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro (PERS)**: Relatório Síntese, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1941406> Acesso em 02 set 2018.

Sugarcane juice: a nutritional and energetic alternative

Jaqueline de Mattia[1], Letícia N. Brizio[1], Fernando Santos[1], Ana Luísa Fernando[2], Paulo Eichler[3]

[1]*Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, jaquelinedemattia@gmail.com*

[2]*Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul*

[3]*Universidade Nova de Lisboa*

Abstract

Sugarcane makes up a significant part of the world's agricultural production, containing a series of products that can be obtained from different processes. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), sugarcane production, in 2016, was estimated at 1,890 million tons worldwide. The same year Brazil contributed with 768 million tons, approximately 41% of total production, ranking first in world production, followed by India, which produced about 348 million tons, approximately 13%, showing how massive the Brazilian collaboration is for sugarcane world agriculture. The use of sugarcane extends from the production of sugar and alcohol to the production of electricity. However, a great potential not yet put into practice on a large scale is the commercialization of its juice. Cane juice is a drink with great energetic value, non-alcoholic, that has a pleasant flavor, and it's also part of Brazilian popular culture due to its sweet taste and its easy attainment. The juice is obtained by milling the sugar cane, usually served with ice, and can be consumed pure or with addition of juices from other fruits, commonly acid fruits such as lemon. The sugarcane juice is usually marketed by street vendors, on public roads, parks, squares and fairs. The beverage may contain a chemical composition that varies depending on the variety, age and health of the sugarcane. In the drink obtained by the milling process, there are all nutrients present in the sugarcane plant, among them minerals such as iron, potassium, magnesium, sodium, phosphorus, calcium, in addition to B vitamins and vitamin C. Its main components are water and sucrose but it also contains traces of glucose, fructose, proteins, starch, waxes, fatty acids and pigments. Despite the richness of its nutrients, juice composition can vary rapidly after a few hours of extraction, being one of the biggest obstacles for its commercialization. Juice must be stored in a specific way, both to avoid oxidation and to avoid the evaporation of some of its components. From a nutritional point of view, sugarcane juice can be extremely relevant because it can serve as an energy and nutritional beverage. From natural and economical perspectives the possibility of large-scale commercialization can bring about a series of changes in sugarcane production. By opening up a new possibility for a new product and taking advantage of a market that is not very targeted but with a wide margin of consumer acceptance, the sugarcane juice is an opportunity for the producer who wants to innovate.

Keywords. Energy. nutrition. market.

References

1. MELLO, S. Q. S. et al. **Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação.** Ciência Animal Brasileira , v. 7, n. 4, p. 373-380, out./dez. 2006.
2. OLIVEIRA et al. **Comércio de caldo de cana em vias públicas.** Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, 13(2): 06-18, 2006.
3. **Açucar e Álcool no Brasil.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Produção e Agroenergia. Março 2017.
4. **Sugar: World Markets and Trade.** United States Department of Agriculture. Novembro 2018.

Sustentabilidade energética da soja em Cascavel e Lucas do Rio Verde: escoamento da safra

Amauri Ghellere Garcia Miranda[1], Reginaldo Ferreira Santos[1], Jair Antonio Cruz Siqueira[1], Geovanny Broetto Besinella[1], Daniel Sena Marins[1], Cristiano Fernando Lewandoski[1]

(deixar 1 linha em branco)

[1] *Departamento de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidades Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, Paraná, Brasil. Email: eng.amauri.miranda@gmail.com*

Resumo

A avaliação da demanda energética expendida no escoamento da safra da soja é relevante na avaliação do custo da produção no porto. Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do transporte no balanço energético da produção e escoamento da safra de soja. Como base de compactação, a produção em Cascavel, Paraná, e em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, foram comparadas. Desta forma, embasamento científico pode ser apresentado na justificativa quanto a maior sustentabilidade, entre estes dois locais. Para tal, o levantamento das variáveis para o cálculo do custo do preparo do solo, plantio, produção, colheita e escoamento foi realizado, juntamente com seus respectivos valores. Constatousse que, o custo energético dos fatores até a colheita não apresenta grande variação entre os dois locais avaliados. Sendo. Por outro lado, o transporte da safra, até o porto, apresentou um custo calculado de 1210,3 MJ/ha quando partindo de Cascavel e 4657,4 a 658,3 kW/ha quando tendo Lucas do Rio Verde. Tendo como acumulado total 13392,5 kW/ha em Cascavel e variando entre 16839,5 e 13349,9 MJ/ha em Lucas do Rio Verde. Esta diferença, de até 398,8%, se deu graças a diferença da distância entre o local da colheita e o porto a ser escoada. Portando, o custo energético da soja no porto é afetado em 9% quando produzida em Cascavel, e de 9 a 28% quando produzida em Lucas do Rio Verde.

Palavras-chave. Sustentabilidade, Bio energia, Ciclo de vida, LCA, Balanço energético

Introdução

A produção de soja é de suma importância socio econômica para o Brasil. Segundo prospecção realizada pelo ministério da agricultura, onde apontou uma produção estimada de 117 milhões de toneladas no período de 2017/18, estimasse um aumento na produção de 33,2% em um prazo de 10 anos. (BRASIL; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2018).
Contudo, o rendimento econômico deste commodity é afetado pela eficiência no processo de escoamento. O modal de transporte utilizado para deslocar da safra, do campo ao porto, apresenta rendimento energético variando conforme a distância a ser percorrido e o meio utilizado (VANZELLA et al., 2013).

No ano de 2018 o Brasil comercializou 102 milhões de toneladas de soja, sendo que 99,78% foi destinado à exportação, esta produção foi comercializada por U$ 41,9 bilhões. Neste mesmo

ano, o Paraná atingiu uma produtividade média de 5.503 kg/ha e foi responsável por 16,44% na exportação da soja. O Mato Grosso, estado maior produtor de soja no Brasil, tanto em produtividade como em toneladas produzidas, representando 25,30% de toda exportação de soja no ano de 2018, com uma produtividade de 3.350 kg/ha (BRASIL; AGROSTAT, 2019; EMBRAPA, 2018).

A matriz do transporte da soja, em território nacional, se dá primordialmente no modal rodoviário, 61,1% do total, seguindo do ferroviário, 20,7%, aquaviário, 13,6%, dutoviário, 4,2%, e 0,4% aeroviário.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação do impacto do transporte no custo energético embutido da soja entregue no porto. Neste se avaliou dois cenários, quando grão é produzido em Lucas do Rio Ver, estado do Mato Grosso, e Cascavel, Estado do Paraná.

Material e Métodos

O levantamento do custo energético total na produção de uma safra de soja é estimado levando em conta os a energia de entrada no sistema. Esta é definida pela somatória do valor energético de cada variável adicionada ao processo. Os valores utilizados nesta etapa do estudo, suas variáveis, pode ser dividido segundo variáveis conforme aplicação, apresentados na Tabela 1 (ORTEGA, 2002).

Tabela 1. Custo energético por variável.

Variável	Energia embutida (MJ/ha)
Agrotóxicos	2.677,29
Combustíveis	757,16
Fertilizantes	1.613,51
Mão de obra	35,71
Máquinas e equipamentos	6.096,02
Sementes	1.002,48
Total	12.182,15
Fonte	(DE MELO et al., 2007)

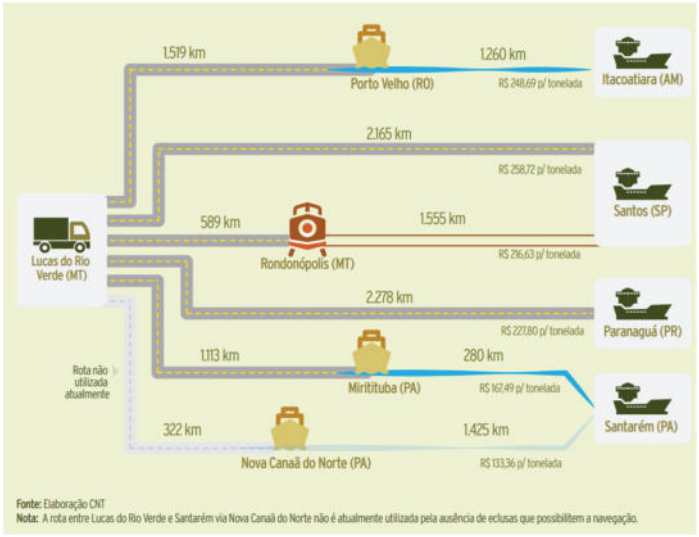
Fonte: (DE MELO et al., 2007)

Atendendo o quesito do transporte, Cascavel, estando situado na região oeste do Paraná, utiliza basicamente o modal rodoviária para escoamento de sua safra. Esta é transportada, através da BR-277, até o porto de Paranaguá. A distância entre estes dois pontos é de 592 km. Outro modal de escoamento, pouco utilizado, faz uso da Ferroeste, incorporando o transporte ferroviário a seu modal. (CNT, 2015; GOOGLE, 2019).

Lucas do Rio Verde possui seis opções de escoamento da safra onde o transporte por meio rodoviário, ferroviário, e fluvial são opções. Conforme apresentado na Figura 1, o menor custo para escoamento da safra foi constatado sendo de R$ 133,36 por tonelada, quando transportada 322 km, via rodoviária, até Nova Canaã do Norte, Pará, e depois 1425 km por embarcação, até Santarém (PA). Contudo, tal rota não é praticamente viável devido à falta de infraestrutura.

Desta forma, a roca com valor mínimo subsequente é via Miritituba, Pará, com custo por tonelada de R$167,49 (CNT, 2015).

Figura 1. Modal de escoamento da safra da soja de Lucas do Rio Verde – MT



Fonte: (CNT, 2015, p. 28)

Desta forma, o custo energético para cada respectivo meio de transporte pode ser calculado assumindo o custo específico para cada modal. Sendo, a unidade dimensional do mesmo mensurada em MJ/t.km, podendo ser convertida para MJ/ha.km quando rendimento produtivo for conhecido. Para tal, a seguinte equação pode ser aplicada:

$$CE_e = CE_e^* \times \frac{CP}{1000}$$

Onde: CE_e representa o custo energético específico (MJ/ha.km); CE_e^* está para o custo energético específico mensurado em toneladas (MJ/t.km); e, CP representa a capacidade de produção por unidade de área (kg/ha). Assim sendo, o custo energético específico por modal de transporte é apresentado na Tabela 2 (ILTONCURTY LEAL et al., 2015).

Resultados e discussão

A rota de Lucas do Rio Verde ao porto em Santarém, passando por Nova Canaã do Norte, é a que apresenta menor custo energético, 1168 MJ/ha. Consequentemente, menor impacto ambiental (GUINÉE, 2002). Porém, atualmente, tal rota é inviável graças a indisponibilidade técnica para passagem de barcos destinado ao escoamento de grãos (CNT, 2015).

Posteriormente, quanto a rota com menor impacto energético, o caminho passando por Rondonópolis e seguindo via ferrovia até o porto de Santo, com custo energético de 1594 MJ/ha. Na outra extremidade deste ranking, a alternativa do escoamento por Paranaguá feito

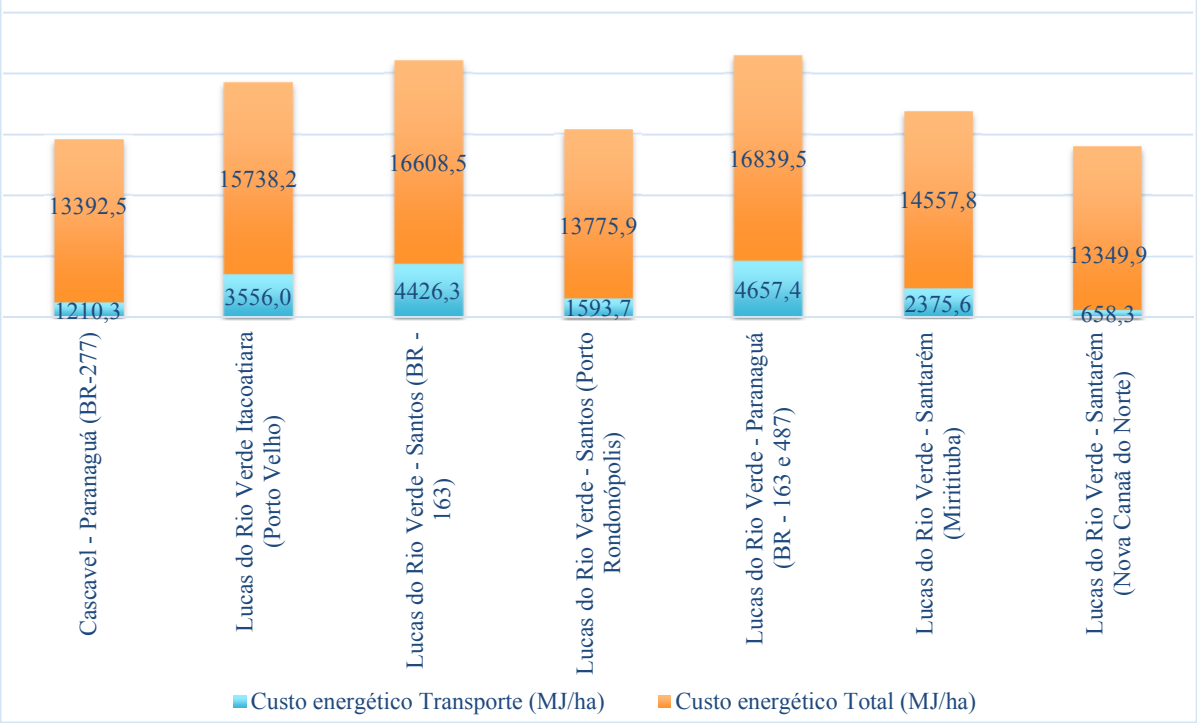
inteiramente por modal rodoviário, representando o custo energético de 4657 MJ/ha. A variação entre os estremos desta tabela apresenta uma variação de 398,8%.

Tabela 2. Custo energético (CE) conforme meio e via de transporte.

Origem	Porto de destino	Rota	Variável	Rodoviário	Fluvial	Ferroviário	Total	Unidade
			CE específico	20,445	0,357	0,250		$\frac{MJ}{km.ha}$
Cascavel	Paranaguá	BR-277	Distância	592	0	0	592	km
			CE total	1.210,3	0	0	1210	$\frac{MJ}{ha}$
Lucas do Rio Verde	Itacoatiara	Porto Velho	Distância	1.519	1.260	0	2.779	km
			CE total	3.105,6	450,5	0	3556	$\frac{MJ}{ha}$
	Santos	BR-163	Distância	2.165	0	0	2.165	km
			CE total	4.426,3	0	0	4426	$\frac{MJ}{ha}$
		Rondonópolis	Distância	589	0	1.555	2.144	km
			CE total	1.204,2	0	389,5	1594	$\frac{MJ}{ha}$
	Paranaguá	BR-163 e BR-487	Distância	2.278	0	0	2.278	km
			CE total	4.657,4	0	0	4657	$\frac{MJ}{ha}$
	Santarém	Mirituba	Distância	1.113	280,0	0	1.393	km
			CE total	2.275,5	100,1	0	2376	$\frac{MJ}{ha}$
		Nova Canaã do	Distância	322	1.425	0	1.747	km
			CE total	658,3	509,4	0	1168	$\frac{MJ}{ha}$

Desta forma, somando o custo energético do cultivo da soja com o custo do escoamento, para os diferentes modais apresentados, o custo energético total foi obtido, como apresentado no Figura 2. Pode ser verificado que o a energia embutida da soja produzida em Cascavel e entregue no porto de Paranaguá é a que apresenta menor valor. O maior custo energético é encontrado na soja produzida em Lucas do Rio Verde e transportada, via BR – 163 e 487, para o porto de Paranaguá.

Figura 2. Custo energético total por modal de transporte.



Conclusões

Portanto, verificou-se que o custo energético no escoamento da produção de soja varia entre 658,3 MJ/ha 4657,4 MJ/ha. Este valor tem como impacto no custo total a representação entre 9% e 28%.

Referências Bibliográficas

BRASIL; AGROSTAT. Exportação Importação - Complexo de Soja. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 22 abr. 2019.

BRASIL; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. Projeção do Agronegócio. Brasilia: [s.n.]. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 2 abr. 2019.

CNT. Transporte & Desenvolvimento – Entraves Logísticos ao Escoamento de Soja e Milho. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/home>. Acesso em: 22 abr. 2019.

DE MELO, D. et al. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do Oeste do ParanáActa Scientiarum. Agronomy. Maringá: Acta Sci. Agron., 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/3030/303026573004/>. Acesso em: 22 abr. 2019.

EMBRAPA. Dados econômicos - Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 22 abr. 2019.

GOOGLE. Cascavel - PR to APPA - Administration of Paranaguá and Antonina Ports - Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/dir/Cascavel+-+PR/APPA+-+Administração+dos+Portos+de+Paranaguá+e+Antonina+-+Avenida+Ayrton+Senna+da+Silva+-+Dom+Pedro+II,+Paranaguá+-+PR/@-25.2285865,-52.0818717,8z/am=t/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x94f17f>. Acesso em: 22 abr. 2019.

GUINÉE, J. B. Handbook on life cycle assessment : operational guide to the ISO standards. [s.l.] Kluwer Academic Publishers, 2002.

ILTONCURTY LEAL, J. et al. Análise da matriz de transporte brasileira: consumo de energia e emissão de CO2.Revista Uniabeu. [s.l.] UNIABEU-Centro Universitário Editora UNIABEU, 9 maios 2015. Disponível em: <https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/view/1509>. Acesso em: 22 abr. 2019.

ORTEGA, E. A soja no Brasil: modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/AE-soja220803.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2019.

VANZELLA, A. et al. Análise De Viabilidade Econômica Do Escoamento Da Soja Produzida Na Cidade De Sorriso - Mt Através Dos Corredores De Escoamento Br-163 E Paraná - Tietê. Revista Gestão Industrial, v. 9, n. 3, p. 662–680, 2013.

USO ENERGÉTICO DA MADEIRA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS DO LITORAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Aline Lima de Sena[1], Martha Andreia Brand[2], Gustavo Friederichs[3], Adriel Furtado de Carvalho[4], Djeison Felipe Voos[5]

[1] Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC.
[2]Orientadora, Professora do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias – a2mab@cav.udesc.br
[3] Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC
[4] Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias -UDESC.
[5] Graduação em Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agroveterinárias -UDESC.

Resumo

A evolução do consumo mundial de energia, baseada em combustíveis fósseis, conduziu a humanidade para uma matriz energética insegura, cara e, sobretudo, bastante negativa para o meio ambiente. Isso tem levado muitos países a considerarem a necessidade de profundas mudanças, incluindo a intensificação do aproveitamento de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo-se a madeira. O correto manejo e uso da madeira para uso energético auxilia na preservação dos recursos florestais. Neste sentido, a utilização de madeira para produção de energia pode ser uma estratégia de desenvolvimento de energia sustentável em termos econômicos e ambientais**.** Portanto o estudo tem por objetivo avaliar de forma energética a madeira de espécies florestais, do estado de Santa Catarina. No levantamento socioambiental do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, Müller (2011, p. 12) entrevistando agricultores e produtores, confirma que a floresta nativa tem expressiva participação no fornecimento de produtos madeireiros para fins energéticos. Para a realização do estudo foram utilizadas matrizes de diferentes propriedades na comunidade de Três Riachos, localizada no interior do estado de Biguaçu, cujos agricultores atuam na produção de carvão com o sistema roça-de-toco. Foram coletadas seções do tronco (toretes), em matrizes distintas. Após a coleta de campo, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages – SC para a realização das análises das propriedades físicas e energéticas dos toretes. Os fatores analisados foram: teor de umidade da base úmida e massa específica básica por meio de ensaios físicos e poder calorífero superior, análise química imediata, composta por teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis e teor de cinzas por meio de ensaios químicos. A madeira das espécies estudadas apresentou-se de modo geral com qualidade satisfatória para uso energético.

Palavras-chave: Lenha. Propriedades energéticas. Qualidade energética.

Introdução

Mais de dois milhões de pessoas dependem diretamente da madeira para cozinhar ou se aquecerem, principalmente famílias de países em desenvolvimento. O uso doméstico representa um terço do consumo global de fontes de energia renováveis. A madeira não é apenas uma fonte energia renovável importante, mas também fonte de energia descentralizada no mundo (FAO, 2013, p. 30).

Em termos energéticos, a madeira é tradicionalmente chamada de lenha e, nessa forma, sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade. Ao longo dos tempos, passou a ser utilizada como combustível sólido, líquido e gasoso, em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (BRITO, 2007, p.1).

Durante muito tempo a madeira para a produção de carvão foi extraída, principalmente de florestas nativas, cujas terras eram então convertidas para outros usos. Ainda hoje, cerca de metade da madeira carbonizada vem de ecossistemas nativos, apesar do crescimento dos plantios florestais para esse propósito. Dados do IBGE (2012) apontam que em Santa Catarina, aproximadamente 2.561 toneladas de carvão vegetal são produzidas de florestas nativas e, 8.294 toneladas produzidas a partir de produtos da silvicultura.

No Censo Agropecuário realizado pelo IBGE (2006), a produção agropecuária no estado de Santa Catarina é realizada em pelo menos 87 % pela agricultura familiar, sendo em Biguaçu 482 destas propriedades rurais particulares.

Afirma-se que “os agricultores de Biguaçu possuem fontes de renda bastante diversificadas, tanto pela exploração da sua área quanto na própria cidade, esta interação meio rural e urbana é bastante complexa” (ULLER-GÓMEZ & GARTNER, 2008, p. 30). No entanto a avaliação energética da madeira das espécies utilizadas pelos agricultores, bem como do carvão produzido por elas é de suma importância para apoiar iniciativas de melhoria dos processos produtivos e do carvão produzido na região. Pois, a falta de conhecimento sobre as espécies, leva a redução do seu potencial de utilização (WEISE, 2013, p. 6).

Dentro deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial energético da madeira de espécies da floresta nativa, em Biguaçu, Santa Catarina.

Material e Métodos

Para a realização do estudo foram selecionadas propriedades rurais localizadas na comunidade de Três Riachos, (latitude 27º 25’ S, longitude 48º 48’ O e altitude de 93 metros), interior do município de Biguaçu, região metropolitana de Florianópolis, Santa Catarina, cujos agricultores atuam na produção de carvão com o sistema roça-de-toco.

Foram coletadas seções do tronco (toretes), com comprimentos entre 50 e 70 cm e, diâmetros variados em matrizes localizadas ao lado dos fornos de carbonização. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de plástico para evitar alterações. Foram selecionadas quatro espécies, em função da abundância das mesmas, constatadas por meio de entrevistas com os agricultores e inventários preliminares.

As amostras foram coletadas em duas propriedades distintas, no local e, data em que seriam inseridas em fornos artesanais para produção de carvão vegetal. No Produtor I, a madeira era seca no interior da mata em clareiras, para facilitar a secagem. No Produtor II, a madeira era seca em galpão, protegido de chuvas.

As espécies, cujos toretes foram coletados, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Espécies coletadas e respectivas famílias e local de coleta.

Nome Comum	Nome Científico	Família	Produtor
Bracatinga	*Mimosa scabrella* Bentham	Fabaceae	I
Pau Jacaré	*Piptadenia gonoacantha* (Martius) Macbride	Fabaceae	I
Canela Amarela	*Nectandra oppositifolia* Nees	Lauraceae	I
Licurana	*Hyeronima alchorneoides* Freire Allemão	Phyllanthaceae	I e II

Fonte: SENA (2019)

Após a coleta de campo, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages – SC para a realização das análises das propriedades físicas e energéticas dos toretes. Do centro dos toretes foram retirados discos de espessura de 2,50 cm. Discos livres de defeitos e inteiros para a realização das análises.

As propriedades físicas determinadas foram: teor de umidade na base úmida, conforme NBR 14929 (ABNT, 2003a) e, massa específica básica, de acordo com NBR 11491 (ABNT, 2003b). A análise energética foi composta por: poder calorífero superior, realizado em bomba calorimétrica, conforme a norma DIN 51900 (DIN, 2000); análise química imediata, composta por teor de carbono fixo e teor de voláteis à 900º C em Termobalança Gravimétrica, conforme ASTM 1762 (ASTM, 2007), e teor de cinzas à 525º C, em forno tipo mufla. Para todas as variáveis determinadas foram utilizadas cinco repetições de laboratório.

Poder calorífico é a quantidade de calor total (energia térmica) que é liberado durante a combustão completa com umidade de massa ou de volume de combustível. Assim, o valor obtido é teórico, pois a determinação é feita em um recipiente hermeticamente fechado. (BRAND, 2010).

Existe para caso da madeira, equações aproximadas que propiciam o cálculo do poder calorífero em função da umidade, tanto na base úmida (LEHTOVAARA, 2004), como na base seca citado por (BRITO & BARRICHELO, 1982).

Para obtenção do poder calorífico líquido, utilizou-se a Equação 1

$$PCL = PCS * \left[\frac{(100 - TUbu)}{100}\right] - (6 * TUbu) \quad (1)$$

Onde: PCL: poder calorífico líquido, kcal kg^{-1}; PCS: poder calorífico superior, kcal kg^{-1}; TUbu: Teor de umidade na base úmida, %;

Para a obtenção da densidade em carbono fixo e densidade energética, realizou-se a multiplicação entre a massa específica básica e o carbono fixo, poder calorífero, respectivamente.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 10 tratamentos (espécies). Os resultados foram submetidos à análise de variância, quando verificado diferença significativa aplicou-se teste de Scott-knott, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas no software Sisvar, versão 5.3.

Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para as espécies selecionadas para as análises de propriedades energéticas e físicas.

Tabela 2. Valores médios de teor de umidade na base úmida (TUbu), massa específica básica (MEB), poder calorífico superior (PCS), teor de voláteis (TV), teor de cinzas (TC) e teor de carbono fixo (TCF) da madeira das espécies estudadas.

Espécie	TUbu (%)	MEB (g cm^{-3})	PCS (kcal kg^{-1})	TV (%)	TC (%)	TCF (%)
Pau-Jacaré	28,27 d	0,560 c	4258 c	81,03 d	0,48 b	18,62 d
Licurana 1	34,44 f	0,720 a	4790 a	78,85 a	0,59 d	20,56 a
Licurana 2	37,96 g	0,436 h	4249 c	80,28 c	0,79 g	19,08 c
Canela Amarela	26,71 d	0,504 e	4237 c	78,70 a	0,44 a	20,88 a
Bracatinga	34,56 f	0,624 b	4127 d	81,05 d	0,74 f	18,21 d
Média	32,38	0,568	4332,2	79,98	0,61	19,47
Desvio Padrão	4,72	0,11	261	1,14	0,15	1,19

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância, pelo teste de Scott-knott. Fonte: SENA (2019)

A Tabela 3 apresenta os parâmetros analisados quanto a energia líquida e densidades energéticas.

Tabela 3. Parâmetros de Poder Calorífico Líquido (PCL), Densidade de Carbono Fixo (DCF), Densidade energética em base PCS (DES) e, Densidade energética em base PCL (DEL) para as espécies de estudo.

Espécie	PCL (kcal kg^{-1})	DCF (kg m^{-3})	DES (Mcal m^{-3})	DEL (Mcal m^{-3})
Pau-Jacaré	2885	104	2384	1615
Licurana 1	2934	148	3449	2112
Licurana 2	2408	83	1853	1050
Canela Amarela	2945	105	2135	1484
Bracatinga	2493	114	2575	1556
Média	2733	111	2479	1563
Desvio	260	24	606	379

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de significância, pelo teste de Scott-knott. Fonte: SENA (2019).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, pode-se observar que o teor de umidade da madeira das espécies estudadas variou entre 26,71 e 37,96 %, com média de 32,38 %. Os piores teores de umidade foram encontrados para Licurana 2 com 37,96 e Licurana 1 com e 34,44 % comparados com o teor de umidade intermediário da Canela Amarela e Pau Jacaré.

A massa específica básica da madeira das espécies foi em média de 0,534 g cm^{-3}, com intervalo de 0,345 g cm^{-3}, variação esperada em vista as condições de crescimento variáveis das espécies nativas. O maior valor de massa específica básica foi encontrada para Licurana 1 (0,720 g cm^{-3}), seguido de Bracatinga (0,624 g cm^{-3}). Os menores valores foram encontrados para Licurana 2 (0,436 g cm^{-3}). Em estrato intermediário, quanto a massa específica básica, encontram-se Pau Jacaré, Jacatirão 1 de Canela Amarela.

Segundo Vale (2002, p. 75) o uso de madeiras de baixa massa específica básica implica na rápida queima destas e baixa produção por volume. Madeira muito pesada tem dificuldade de entrar em combustão. Desta forma, encaixando-se na classificação somente a madeira de Licurana 1.

Analisando poder calorífico superior (PCS), maiores valores foram encontrados para Licurana 1 e 4790 kcal kg^{-1}. Menor PCS para Bracatinga, com 4127 kcal kg^{-1} e, intermediários para, Pau Jacaré (4258 kcal kg^{-1}), Licurana 1 (4249 kcal kg^{-1}) e Canela Amarela (4237 kcal kg^{-1}) .O PCS médio do Produtor I (4412 kcal kg^{-1}) foi semelhante ao do Produtor II (4290 kcal kg^{-1}), portanto não havendo influência da forma de estocagem da madeira, sobre o PCS.

Brand (2010, p. 37) destaca alguns pontos: para efeitos práticos, são considerados diferentes valores de PCS, aqueles que tiverem diferença igual ou superior a 300 kcal kg^{-1}; a composição química, teor de umidade e teor de cinzas influenciam o poder calorífico; o PCS deriva o poder calorífico líquido (em função do teor de umidade e cinzas), que quando relacionado com a massa específica básica, representa a densidade energética da madeira, ou seja, real quantidade de energia a ser liberada por unidade de volume.

Quanto à análise química imediata o teor de voláteis da madeira das espécies estudadas variou de 78,70 % (Canela Amarela) a 81,03 % (Pau jacaré), sendo que a média geral foi de 79,98 %. Esta propriedade apesar de estar ligada intrinsecamente com características químicas das espécies, apresentou baixa variação dentro das espécies, sendo os menores valores encontrados para Licurana 1 e Canela Amarela; os maiores teores de voláteis são encontrados para a espécie de Pau Jacaré, Bracatinga.

O teor de carbono fixo da madeira variou de 18,21 % (Bragatinga) a 20,88 % (Canela Amarela). Os maiores teores de carbono fixo são encontrados para Licurana 1 e Canela Amarela espécies que apresentaram respectivamente os menores teores de voláteis. Brand (2010, p. 28) destaca que madeiras com alto teor de carbono fixo e baixo teor de voláteis, tendem a queimar mais lentamente.

O teor de cinzas variou de 0,44 % a 0,79 %, com média de 0,61 %. Vale (2007, p. 418) afirma que o teor de cinzas em torno de 1,00 % é um bom índice para que não haja problemas em sistemas de queima.

A DCF teve média geral de 111 kg m^{-3} e desvio padrão de 24 kg m^{-3}, com maior densidade atribuída para Licurana 1 (148 kg m^{-3}). A densidade de carbono fixo da madeira das espécies é dada em função da densidade básica e do teor de carbono fixo. Um dos compostos que mais contribuem para o carbono fixo, segundo Brito & Barrichello (1982, p. 4) é a lignina, que possui elevada resistência à degradação térmica, em função da complexa composição química-estrutural e, pelo fato desta apresentar teores de carbono elementar na ordem de 65 %.

A DES média das espécies estudadas foi de 2479 Mcal m^{-3}, com elevado desvio padrão, de 606 Mcal m^{-3}. A madeira de Licurana 1 apresentou a maior densidade energética superior.

A DEL foi em média de 1563 Mcal m^{-3}, com também elevado desvio padrão (379 Mcal m^{-3}), relacionado à elevada variação de densidade básica e de poder calorífico líquido. Nota-se que a DEL apresenta a densidade de energia líquida disponível por unidade de volume de madeira de cada espécie, melhor representando na prática que a DES. Deve-se, portanto, aperfeiçoar formas de manejo que elevem a DEL, através do teor de umidade, massa específica básica e poder calorífico superior.

Conclusões

Com o presente trabalho concluiu-se que as madeiras das espécies florestais estudadas apresentaram qualidade para a produção de carvão vegetal. O carvão vegetal produzido apresenta massa específica aparente diretamente correlacionada pela qualidade da madeira utilizada. O processo de carbonização, avaliado pela análise imediata, é adequado para as espécies estudadas, havendo poucas diferenças interespecíficas. O teor de cinzas foi baixo para todas as madeiras coletadas. Apresentaram teor de umidade ideal (abaixo de 30 %) a madeira de Cortiça, Jacatirão 2 e Ingá-Macaco, já poder calorífico líquido foi alto para madeira de Cortiça, Jacatirão 1 e Ingá-Macaco, o que evidencia a propriedade das espécies para produção do carvão. A madeira de Jacatirão 2 teve maior densidade de carbono fixo, densidade energética em base poder calorífico líquido, sendo a espécie que apresentou melhor qualidade para seu uso como lenha.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1762**: Standard Test Method for Chemical Analysis of wood charcoal. PA: American Society for Testing and Materials, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11491**: Determinação da Densidade Básica. Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14929**: Madeira, determinação do teor de umidade de cavacos, método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003 a.

BRAND, M. A. **Energia de Biomassa Florestal**. Rio de Janeiro, Interciência. 2010, 114p.

BRITO, J.O. The use of wood as energy. **Estudos avançados**, São Paulo, vol. 21 n. 59, 9p. jan/apr. 2007.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Comportamento isolado da lignina e da celulose da madeira frente à carbonização. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.28, 1982, 4p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. **DIN 51900**: Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value. Berlim, 2000.

FAO. **El Estado de los Bosques del Mundo**. Cap 3. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s00.htm>, acessado em: 09 de março de 2019.

IBGE. **Base de Dados @Cidades**: Biguaçu. Censo Agropecuário - 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>, acessado em: 06 março 2019.

IBGE. **Base de Dados @Estados**: Produção da Extração Vegetal e Silvicultura de 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sc&tema=extracaovegetal2011> acessado em 03 março 2019.

LEHTOVAARA, J. Calorific value – Status of the standardisation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE "STANDARDISATION OF SOLID BIOFUELS, 6-7.,2004, Leipzig, Germany. Anais eletrônicos… Disponível em: <http://www. energetik-leipzig.de/BioNorm/conference.htm> Acesso em: 07 mai. 2019.

MÜLLER, J.J.V. **Levantamento Socioambiental do Inventário florestal. Florianópolis**: Epagri, 2011. 32 p. II.

ULLER-GÓMEZ, C. & GARTNER,C. Um caminho para conhecer e transformar nossa comunidade. Relatório final de pesquisa vinculada ao TOR 23/2006. Florianópolis: EPAGRI/MB2, 2008. 111p.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e da madeira (*Cedrelinga catenaeformis* Duke.). **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 416 - 420, 2007.

VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p.71-80, 2002.

WEISE, S. M. K.; BRAND, M. A.; CARVALHO, A. F. DE; NONES, D. L.; FRIEDERICHS, G.; DE MARCO, F. T. Qualidade da madeira e do carvão vegetal obtido a partir de *Hyeronima alchorneoides* Allemão (Licurana). **Revista Ceres**, Viçosa/MG, 2013.

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES FRAÇÕES DE ARGILA BENTONITA PARA REMOÇÃO DE UMIDADE DE ÓLEO RESIDUAL POR ADSORÇÃO

Juliana Dotto [1], Fernando Rodolfo Espinoza-Quiñones [2], Laressa Caciano [3], Helton José Alves [4]

[1]*UNIOESTE, Toledo, Paraná, Brasil, juliana.dotto.86@hotmail.com*

[2]*UNIOESTE*

[3]*UFPR*

[4]*UFPR*

Resumo

A utilização de óleos residuais para a produção de biodiesel, dentre eles o óleo de cocção de alimentos, torna o processo viável economicamente devido ao baixo custo desta matéria prima. Dentre as desvantagens tem-se a qualidade do óleo, que geralmente apresenta altos teores de umidade, que pode desativar catalisadores e provocar a hidrólise da reação, diminuindo a conversão em ésteres. Este estudo propôs a separação física da argila bentonita em duas diferentes fases (leve e densa), a partir da Lei de Stokes, para utilização de ambas e da própria argila como adsorvente na remoção de umidade de óleo residual de cocção de alimentos. Inicialmente, separou-se as diferentes fases da argila em proveta, utilizando como meio de contato a água. Posteriormente, caracterizou-se os três adsorventes obtidos (argila bentonita "in natura" e suas fases leve e densa) por Difração de raios-X e Fisissorção de Nitrogênio (método BET). Na sequência, caracterizou-se a matéria prima oleaginosa, sendo avaliados os parâmetros umidade e valor de acidez, sendo então realizado o tratamento por adsorção com os diferentes adsorventes. Os melhores resultados foram obtidos com a fase leve da argila, que apresentou o maior teor de argilominerais, de menor densidade, e a maior área superficial, atingindo aproximadamente 87 % de remoção de umidade, o que corresponde a 53,6 $mg_{água}\ g_{ads}^{-1}$. Os resultados mostram que um simples processo físico pode produzir um potencial adsorvente de umidade a partir de argila bentonita, material de baixo custo e encontrado de forma abundante na natureza.

Palavras-chave. Bentonita. Lei de Stokes. Resíduo. Caracterização. Área Superficial.

Introdução

Óleos residuais, como os de cocção de alimentos, são fontes de triglicerídeos disponíveis em grande quantidade no Brasil. Seu descarte incorreto pode ocasionar problemas ambientais, podendo causar contaminação no solo e consequentemente em recursos hídricos. Desta forma, a sua utilização como matéria prima na produção de biodiesel, combustível renovável e de

baixa toxicidade, pode ser uma forma de reduzir o custo deste além de evitar a contaminação do meio ambiente.

O grande empecilho no uso de óleos residuais para produção de biocombustíveis está na qualidade da mesmo, que contem contaminantes como umidade, acidez e particulados. A umidade pode desativar o catalisador da reação, além de causar hidrólise, que aumenta o teor de ácidos graxos livres, diminuindo a conversão de biodiesel (YAAKOB *et al*., 2013; FELIZARDO *et al*., 2006). Já óleos com altos teores de acidez inviabilizam a produção de biodiesel por catálise básica, a mais utilizada (ZATTA *et al.*, 2013).

Neste sentido, o uso de argilas para remoção de umidade de óleos por adsorção pode ser uma opção. A estrutura, mineralogia e química das argilas são as responsáveis pelo seu importante papel na área ambiental. A maioria dos argilominerais é composto principalmente por camadas contendo folhas de sílica e alumina, que pertencem à classe dos silicatos de camada ou grupo dos filossilicatos (GARDOLINSKI *et al.*, 2003). A argila bentonita pode conter diferentes minerais, como montmorilonita, quartzo, feldspatos, entre outros. Os diferentes minerais que compõem a argila podem apresentar diferenças entre si. A fase leve da argila possui menor densidade e é composta principalmente por argilominerais como a montmorilonita, sendo que minerais como o quartzo são partículas maiores e mais densas (ALVES *et al.*, 2014). A separação das diferentes fases da argila pode apresentar vantagens em processos adsortivos, que dependem de características como a área superficial do adsorvente. A mesma pode ser realizada baseada na Lei de Stokes, que determina a velocidade de partículas caindo em um meio viscoso.

Objetiva-se com este trabalho a separação física, baseada na Lei de Stokes, das diferentes fases da argila bentonita (fase leve (FL) e fase densa (FD)), para aplicação das mesmas e da própria argila bentonita “in natura” (AB) como adsorventes para remoção de umidade de óleo residual de cocção de alimentos.

Material e Métodos

A AB utilizada nos estudos foi cedida pelo Centro de Revestimentos Cerâmicos (São Carlos/SP), sendo moída e classificada granulometricamente em peneira de 45 µm e acondicionada em frasco plástico em local protegido de umidade. A separação das fases de AB (FL e FD) foi realizada em proveta de 500 mL, onde adicionou-se 11 g de AB e completou-se o volume com água destilada. Após 3 dias, coletou-se a fase superior em uma altura de 15 cm (FL), sendo o restante denominado FD. Após a separação das duas fases, evaporou-se a parte líquida (água destilada) em estufa a 105ºC, e finalmente FL e FD foram classificadas granulometricamente a 45 µm e acondicionadas em frasco plástico em local protegido de umidade. As amostras AB, FL e FD foram caracterizadas por Difração de raios-X (DRX) e Fisissorção de Nitrogênio (método BET).

O óleo residual de cocção de alimentos (ORC) foi coletado em centros alimentares da região oeste do Paraná, sendo homogeneizado, acondicionado em frascos plásticos e refrigerado. O mesmo foi caracterizado por índice de acidez (AOCS, 2004) e umidade em equipamento Karl Fisher, em triplicata.

O ORC passou por tratamento por adsorção em shaker Tecnal TE-421, utilizando como adsorvente AB, FL e FD. Para realização destes experimentos, utilizou-se 1,5 g de cada adsorvente em 30 mL de ORC, a uma velocidade de agitação de 50 rpm e temperatura de 25ºC

sobre o processo de adsorção, durante 24 horas, com experimentos realizados em duplicata. Após o tratamento, as amostras foram filtradas a vácuo para separação do óleo tratado e do adsorvente, sendo avaliada a umidade final em equipamento Karl Fisher. A quantidade de umidade removida foi calculada pela Equação 1.

$$q = \frac{m_{óleo} \cdot (U_i - U_f)}{m_{ads}} \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

q - quantidade de umidade adsorvida pelo adsorvente, em $mg_{água}\ g_{ads}^{-1}$

$m_{óleo}$ - massa de óleo em contato com o adsorvente, em Kg

U_i - umidade inicial do óleo, em $mg_{água}\ kg_{óleo}^{-1}$

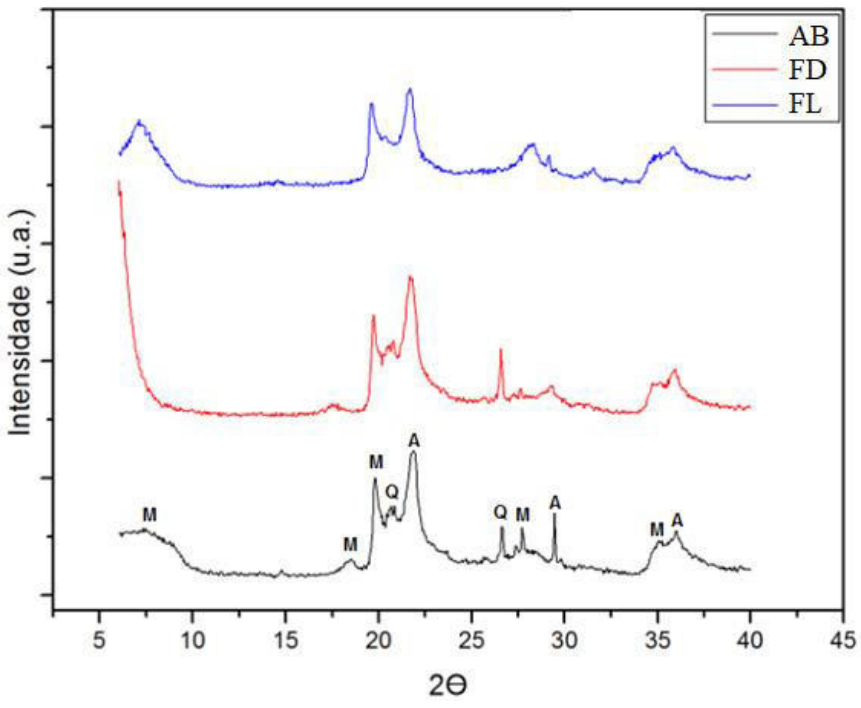
U_f - umidade final do óleo, em $mg_{água}\ kg_{óleo}^{-1}$

m_{ads} - massa do adsorvente em base seca, em g.

Resultados e discussão

A análise dos difratogramas de raios X (Figura 1) permitiu identificar as fases cristalinas presentes nas amostras de adsorventes (AB, FL e FD).

Figura 1. Difratogramas de raios-X de AB, FL e FD.



A partir da Figura 1, AB é composta por montmorilonita (M), albita (A) e α-quartzo (Q), todas usuais em argilas bentoníticas. A amostra FL é composta basicamente por montmorilonita e albita, que são os argilominerais de menor densidade dentre os presentes na precursora AB. Já a fase densa (FD) contém todo o quartzo, de maior densidade, e quantidade de montomorilonita e albita.

A caracterização dos adsorventes por Fisissorção de Nitrogênio (Tabela 1) mostram que a fase leve (FL) da AB, composta majoritariamente por montmorilonita e albita, de baixa densidade, possui área superficial aproximadamente 73% maior que sua precursora (AB), o que sugere uma maior capacidade adsortiva da mesma.

Tabela 1. Área superficial para os adsorventes AB, FL e FD.

Adsorvente	Área superficial ($m^2\ g^{-1}$)
AB	41
FL	71
FD	48

A caracterização dos principais aspectos físicos químicos dos óleos residuais é útil para avaliar a qualidade da matéria-prima, que pode causar diminuição no rendimento em ésteres e obtenção de um produto de baixa qualidade e fora das normas. A caracterização do ORC forneceu um índice de acidez de 1 $mg_{KOH}\ g_{óleo}^{-1}$, que é um parâmetro qualitativo que reflete a quantidade de ácidos graxos livres presentes nas amostras. A Portaria 042/2004 da ANP diz que o limite de acidez no triglicerídeo considerado aceitável para produção de biodiesel por rota básica é de 2 $mg_{KOH}\ g_{óleo}^{-1}$, portanto ORC é adequado para esta rota catalítica.

Altos teores de umidade provocam hidrólise na reação de produção de biodiesel, que pode inclusive aumentar a acidez do biodiesel, independente do catalisador utilizado (ácido ou básico), além de diminuir a conversão. Para Canakci (1999), uma pequena quantidade como 1000 $mg_{água}\ kg_{óleo}^{-1}$ na mistura de reação foi capaz de afetar o rendimento na produção de biodiesel na transesterificação de óleo vegetal com metanol. Basu (1996) também enfatizou que a necessidade de eliminar a água na esterificação de ácidos graxos livres ainda permanece porque a presença da mesma pode favorecer a saponificação do éster sob condições alcalinas. Desta forma, sugere-se que a remoção da umidade do ORC, que apresentou quantitativamente 3383 $mg_{água}\ kg_{óleo}^{-1}$, é pertinente de forma a viabilizar a produção de biodiesel por catálise ácida ou básica.

Após as caracterizações do óleo residual e dos adsorventes, procedeu-se o tratamento de ORC por adsorção. A quantidade de umidade removida está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos após tratamento por adsorção de ORC com AB, FL e FD.

Adsorvente	Média umidade final ($mg_{água}\ kg_{óleo}^{-1}$)	Remoção de umidade (%)	Média q_{eq} umidade ($mg_{água}\ g_{adsorvente}^{-1}$)
AB	559,0	83,5	51,5

FL	453,5	86,6	53,6
FD	681,0	79,9	49,6

É possível perceber que os mais altos índices de remoção ocorrem com o adsorvente FL, de maior área superficial e menor densidade de partículas que o precursor AB. A quantidade de umidade removida atingiu 53,6 $mg_{água}\ g_{ads}^{-1}$, reduzindo a umidade do ORC de 3383 para 453,5 $mg_{água}\ kg_{óleo}^{-1}$, o que corresponde a aproximadamente 87% de remoção.

Conclusões

Vêm-se incentivando a utilização de outras fontes de matérias primas oleaginosas para a produção de biodiesel, como óleos residuais de diferentes formas, dentre eles os de cocção de alimentos, os quais geralmente apresentam teores de umidade fora das normas. A umidade de óleos é um grande empecilho na indústria de produção de biodiesel, pois a mesma pode desativar o catalisador, além de provocar hidrólise, que compete com a reação de esterificação/transesterificação e diminui a conversão do produto desejado. Desta forma, observou-se que um simples processo físico, baseado na Lei de Stokes, foi capaz de produzir um adsorvente derivado de argila bentonita que se mostrou eficiente na remoção de umidade de óleo residual de cocção de alimentos, resultado bastante promissor no sentido de viabilização do processo de produção de biodiesel, visto o baixo custo do óleo residual e do adsorvente utilizado em seu tratamento.

Referências Bibliográficas

ALVES, H. J. (2014) Treatment of clay with KF: New solid catalyst for biodiesel production. *Appl. Clay Sci.* V.91-92, pp. 98-104.

ANP – Agência Nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis (2004) Portaria 042/2004. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=101192. Acesso em: 25/04/2019.

AOCS - American Oil Chemists'Society (2004). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists'Society*. Champaign AOCS.

BASU, H.N. (1996) Process for production of esters for use as a diesel fuel substitute using a non-alkaline catalyst. *Patent 5,525,126*.

CANAKCI, M. (1999) Biodiesel production via acid catalysis. *Trans ASAE.* V.42, pp. 1203-1210.

FELIZARDO, P. (2006) Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste Management*. V.26, pp. 487-494.

GARDOLINSKI, J. E. (2003) Comportamento térmico da caulinita hidratada. *Química Nova*. V.26, N.1, pp. 30-35.

YAAKOB, Z. (2013) Overview of the production of biodiesel from Waste cooking oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V.18, pp. 184-193.

ZATTA, L. (2013) Acid-activated montmorillonites as heterogeneous catalysts for the esterification of lauric acid acid with methanol. *Applied Clay Science*. V.80-81, pp. 236-244.

Value-added bioproducts from waste of banana production

Letícia N. Brizio[1], Guilherme Dias[1], Matheus Hipólito[2] , Fernando Santos[1] , Jaqueline de Mattia[1]

[1]*Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, leticianormibrizio@gmail.com*
[2]*Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul*

Abstract

Banana is one of the most consumed and exported tropical fruit worldwide, being part of a daily consumption in Brazilian culture. The fruit is largely produced with about 93% of its production aimed at the domestic market according to the Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Banana world production in the year of 2017 was around 113,918,763 tons, of which 6,675,1 thousand tons were produced in Brazil alone. The fruit is the fourth place in the rank of food consumption in the world, behind rice, corn and milk. Although most common method of consumption of banana is fresh, several other possibilities of consumption and usability are also found in market, among which there are, children's foods, sweets, jellies and syrups. The Brazilian banana production generated approximately 96000000 tons of residues in 2017. Banana peel, one of the major residues of the fruit, represents about 30% to 40% of the fruit's weight. The peel is rich in carbohydrates, vitamins, fiber and other components, being ideal for the production of high value-added products such as ethanol and adsorbents for treatment of contaminated water. A recent finding shows that both the banana peel and its pseudostem are nanocellulose-rich residues that can be widely used to produce environmentally friendly products such as paper, bio-plastic, biofilm and bioethanol. Some very little used waste in the banana production chain are the production scraps, such as pseudostem, stem and leaves. In such residues there are high levels of lignin, cellulose, hemicelluloses, water and some nutrients that are currently used as biofertilizer, maintaining humidity and avoiding soil erosion, as well as maintaining control of some pests and weeds. Other very interesting residual materials are the sap and banana flower. The sap can be used in the production of paints, dyes and detergents. Both sap and flower contains a large number of medicinal properties among which are applications in the treatment for bronchitis, dysentery, ulcer, epilepsy, leprosy, fever and hemorrhage. Banana production in Brazil is one of the largest in the world, and the great number of biorefinery possibilities that are still untapped is equally enormous. The use and commercialization not only of banana but also of its by-products can be an extremely lucrative initiative for both the producer and the research network. In this context, the main objective of this study was to evaluate the productive, chemical and energetic potential of banana waste for conversion into value-added products, such as bioenergy, biofuels and bio-products in a sustainable way.

Keywords. banana. biorefinery. residues. biomass. production

References

1.FAO (2018) FAOSTAT: Produção de Banana por país 2017.
2. Souza, E. L., Et al. Bioethanol from Fresh and Dried Banana Plant Pseudostem. Chemical Engineering Transactions, Vol. 38, 2014.
3. Kumar, M., and Kumar, D. Comparative study of pulping of banana stem. International Journal of Fibre and Textile Research, 2011.
4. Hossain, A B M S. Nano-Particle Preparation from Ligno-Cellulose Based Banana Peel Biomass as a Tool of Nano-Biotechnology. Global journal of biology. Agriculture and Health sciences,2015.
5. Ehiowemwenguan, G., Emoghene, A O., Inetianbo, R J E. Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel. Journal of Pharmacy, 2014.

VARIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE "GRIMPAS" EM ÁRVORES ISOLADAS DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERT.) O. KTZE. EM CAMPO NATIVO

Taíse Mariano Rodrigues[1], Martha Andréia Brand[2], Tássio Dresch Rech[3], Tiago Celso Baldissera[4], Cassiano Eduardo Pinto[5]

[1]Engª De Produção, Mestranda no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil – taise.udesc@hotmail.com
[2]Engª Florestal, Drª., Depto. de Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil
[3]Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da Estação Experimental de Lages/EPAGRI, Lages, SC, Brasil
[4]Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da Estação Experimental de Lages/EPAGRI, Lages, SC, Brasil
[5]Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da Estação Experimental de Lages/EPAGRI, Lages, SC, Brasil

Resumo

O campo nativo é de grande interesse para o segmento pecuarista da região do planalto serrano catarinense, o qual possui uma importante diversidade de espécies vegetais indesejadas para o agricultor. A "grimpa" da Araucaria angustifolia é um resíduo inconveniente que se destaca nesta atividade. Este trabalho foi desenvolvido na fazenda Experimental da Epagri – Amola Faca em São José do Cerrito/SC, com o objetivo de quantificar o material aciculado produzido por árvores isoladas de Araucaria angustifolia em campo nativo. Foram demarcadas para o estudo um total de 37 árvores isoladas em campo nativo, que não tivesse a interferência na área de copa de nenhuma outra espécie ou mesmo de outras araucárias. A quantificação da biomassa aciculada teve duração de 9 meses, com a pesagem de cada parcela e coleta de amostras para a determinação do teor de umidade. Foram determinadas, em cada parcela, o diâmetro à altura do peito (DAP), raios da copa e coordenadas geográficas. Com estes dados calcularam-se os parâmetros de relação do DAP e divisões por classe diamétricas com a quantidade de biomassa aciculada presente em cada parcela, a variação da quantidade de biomassa ao longo dos meses, bem como a variação do teor de umidade. Como resultados pode-se perceber uma variação da produção de "grimpa" ao longo do ano, sendo menor no período da primavera. As condições climáticas tiveram influência direta no teor de umidade da biomassa coletada e árvores com DAP entre 53 e 57 cm tiveram maior produção de "grimpas" ao longo dos meses estudados.

Palavras – chaves: Galhos aciculados; Biomassa; Quantificação.

Introdução

Os campos nativos, comumente utilizados na região do planalto catarinense para a engorda do gado, têm como um de seus componentes na conformação da paisagem, indivíduos arbóreos isolados, ou formando bosques, da espécie *Araucaria angustifolia*. Esta espécie

possui derrama natural, onde os galhos secos, finos e aciculados da árvore, denominados de "grimpas", caem no solo ao longo de todo o ano. Os pecuaristas veêm a presença desta espécie como um prejudicial a criação de gado, visto que as "grimpas" da *Araucaria angustifolia* se constituem em um problema de sanidade animal nas propriedades rurais da região Sul do Brasil. O dano provocado pelas grimpas está relacionado principalmente a aspiração das deste material pelos animais. Quanto os galhos aciculados não são coletados, principalmente nos meses de inverno, durante a safra do pinhão, os bovinos aspiram as "grimpas" ao comer o pinhão, causando problemas pulmonares nos animais.

Evangelista et al. (2014), encontrou "grimpas" nos pulmões de bovinos e equinos que pastavam ao redor de florestas de *Araucaria angustifolia*. Estes corpos estranhos nos pulmões podem causar broncopneumonia purulenta, dificuldade respiratória, tosse, emagrecimento progressivo, às vezes com dificuldade de deglutição, úlcera nasal e hipertermia. A aspiração de corpo estranho é pouco relatada em animais de produção. Contudo a "grimpa" da *Araucaria angustifolia* foi uma das principais causas de morte por dificuldade respiratória em bovinos na região serrana de Santa Catarina. Geralmente os bovinos morrem ou, são sacrificados devido à agonia respiratória.

Bavaresco et al. (2017) também relataram a ocorrência de casos de morte em bovinos, que envolveram a aspiração de "grimpa" como corpo estranho na região do Alto Uruguai Catarinense. Observou-se que nos casos relacionados à aspiração de "grimpa", os sinais clínicos foram basicamente respiratórios (dispneia e halitose) e geralmente crônicos, debilitando gravemente os bovinos. O corpo estranho acarretou um quadro infeccioso irreversível, lesionando gravemente diversos sistemas, devido à disseminação da infecção bacteriana pulmonar via sistema circulatório, alcançando também o coração, rins e corpo vertebral lombar. Mesmo com a administração de antibioticoterapia de amplo espectro, a contínua presença da "grimpa" impede a cura do processo, culminando em óbito ou eutanásia.

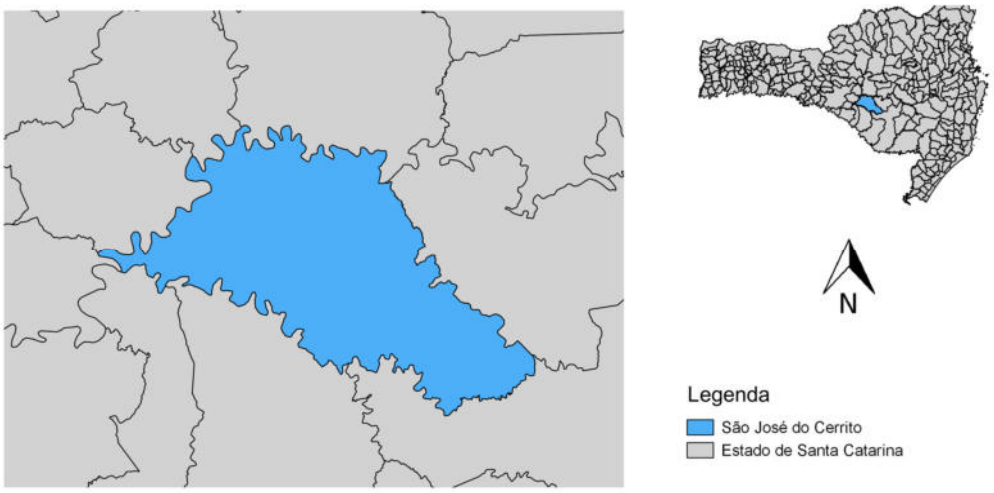
Nesse contexto, é fundamental a realização de estudos de quantificação das "grimpas" de forma a contribuir com o manejo sustentável do campo nativo, a preservação da araucária e como forma de minimizar os problemas associados à sanidade animal, devido à permanência das "grimpas" no campo, sem utilização.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi quantificar a produção de grimpas em árvores isoladas de *Araucaria angustifolia* em campo nativa, na região do Planalto Catarinense.

Material e Métodos

Este trabalho tem como área de estudo a fazenda da EPAGRI – "Amola Faca", localizadas no município de São José do Cerrito - SC (Figura 1). Inserida na fitofisionomia Floresta Ombrófila Mista – Montana, com altitudes que variam de 900 a 1050 metros de altitude, na zona de transição para a floresta alto Montana.

Figura 1. Localização de São José do Cerrito – SC. Local da instalação das parcelas do estudo.



Fonte: IBGE, 2018.

O município de São José do Cerrito possui um efetivo de rebanho bovino com 47.198 cabeças de gado, sendo 7º município de Santa Catarina neste indicador pecuário, Lages é o que maior possui este efetivo com 98,354 cabeças. (IBGE, 2016). Característica importante para a alocação das parcelas, uma vez que a problemática do projeto engloba a pecuária regional.

Para avaliar as araucárias isoladas foram demarcadas 37 árvores (Figura 2), no período de abril de 2018, obtendo-se na primeira coleta chamada "coleta acumulada" o diâmetro à altura do peito (DAP), raios da copa, altura total, altura do fuste de todos os indivíduos e suas coordenadas geográficas, no qual nesta etapa foi realizado a coleta total das "grimpas", para que no mês subsequente se tivesse o controle da quantidade de grimpa produzida mensalmente. A partir dos raios foram demarcados quatro quadrantes seguindo os pontos cardeais, sendo a placa de identificação da árvore direcionada sempre para o Norte. Foi escolhido um quadrante aleatório para coleta e pesagem das "grimpas", sendo fixadas estacas de delimitação da parcela, onde foram realizadas coletas mensais para a quantificação de "grimpas" durante um período de 9 meses. Foram coletadas amostras para análise laboratorial do teor de umidade segundo a norma NBR 14929, para posteriormente ser descontado o percentual de água da biomassa estudada.

Foram determinados os intervalos das classes diamétricas das árvores da *Araucaria angustifolia* com diâmetro médio de 39,82 cm, DAP mínimo de 13,10 cm, DAP máximo de 84,85 cm. Segundo Machado (2006) não há uma regra rígida para agrupamento das classes diamétricas, desta forma foi fixado classes de 4,0 cm de amplitude distribuídas em 12 classes diamétricas (Tabela 1) para abranger todas as observações, e consequentemente adequando melhor as distribuições. Possuindo de 2 a 5 árvores em cada classe totalizando 37 parcelas.

Figura 2. Araucárias isoladas em campo nativo

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Tabela 1. Divisão das classes diamétricas das parcelas isoladas

Nomenclatura	Classes diamétricas	VC	FO
D1	13|---17	15	2
D2	17|---21	19	2
D3	21|---25	23	2
D4	25|---29	27	3
D5	29|---33	31	4
D6	33|---37	35	5
D7	37|---41	39	3
D8	41|---45	43	3
D9	45|---49	47	2
D10	49|---53	51	2
D11	53|---57	55	5
D12	57 >	-	4
	Total		**37**

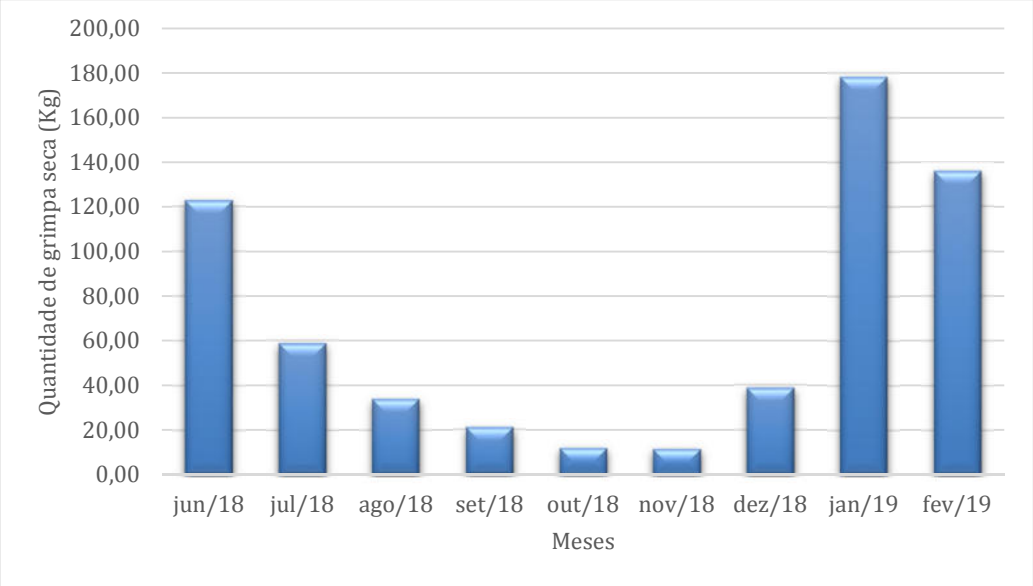
VC = Valor Central; FO = Frequência observada.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018.

Resultados e Discussão

Durante o período de coleta pode-se perceber uma variação significativa da quantidade de grimpa seca produzida ao longo dos meses. De setembro até dezembro houve uma redução de produção, com máximo de 43 kg de "grimpas" no mês de dezembro, somando as 37 árvores. Já nos meses de junho, janeiro e fevereiro observou-se um aumento na quantidade de produção, na faixa de 160 kg ao mês para todas as árvores. A Figura 3 ilustra a produção de "grimpa" seca ao longo dos meses estudados, formando um gráfico com tendência parabólica positiva.

Figura 3. Produção mensal de "grimpa" seca

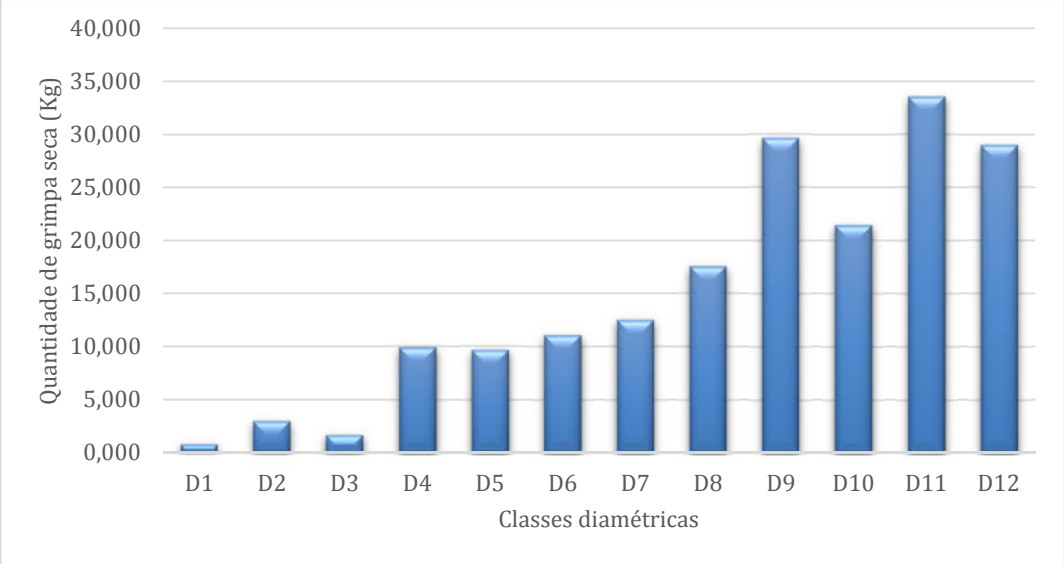


Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A biomassa florestal são os galhos, folhas, sementes e casca contidos na serrapilheira de uma floresta. Segundo Caldeira et al. (2007) a biomassa média estocada pela floresta ombrófila mista foi 250,90 Mg ha-1. Desse total, a *Araucaria angustifolia* contribuiu com 23,14% da biomassa total gerada.

A quantidade de grimpa seca por classe diámetrica ilustra uma tendência das araucárias com maior DAP produzirem uma quantidade maior de "grimpas", mas não sendo uma verdade absoluta. A classe com DAP de 53-57 cm foi a que obteve a maior taxa de produção com uma média de 40 kg por árvore e a classe com DAP de 13-17 a menor produção com média de 1kg por árvore ao longo dos 9 meses estudados (Figura 4).

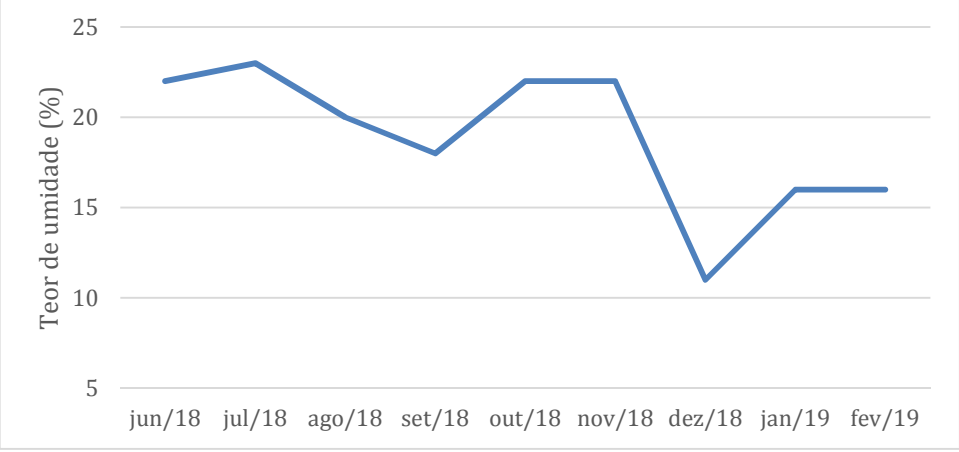
Figura 4. Média da quantidade de “grimpa” seca por classe diámetrica.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

As condições climáticas tiveram influência sobre o comportamento da biomassa em relação ao teor de umidade. As coletas das parcelas mensais ocorreram em dois dias distintos todo o mês, no qual pode-se destacar que no mês de dezembro ambos os dias foram realizados em períodos de sol com antecedência de dias ensolarados, mantendo uma média de teor de umidade de 11% da biomassa coletada, já no mês de novembro um dos dias da coleta foi com chuva e outro dia ensolarado, tendo uma média de 20% de teor de umidade com máximo de 39% no dia chuvoso e mínimo de 11% no dia ensolarado (Figura 5).

Figura 5. Média do teor de umidade das grimpas recém coletadas em campo nativo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Conclusões

- A produção de "grimpas" varia ao longo do ano, sendo menor no período de primavera.
- Árvores que apresentam diâmetros entre 53 e 57 cm tiveram maior produção de "grimpas".
- O teor de umidade das grimpas varia ao longo do ano.
- As condições climáticas tiveram influência direta sobre o teor de umidade da biomassa.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do Projeto "Construindo a sustentabilidade da pecuária familiar dos Campos e Matas de Araucária" aprovado no Edital CNPQ - NEXUS II - Linha 3 - Nexus no Bioma Mata Atlântica, que tem como instituição proponente a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, Lages, Brasil.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 14929: Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. 2003.

BAVARESCO, L.H. et al. "Grimpa" de *Araucaria angustifolia* como causa de morte em bovinos. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI), X, 2017, Santa Catarina, Camboriú, Brasil, Anais eletrônicos. Instituto Federal Catarinense, 2017, 5 p. Disponível em: <http://eventos.fabricadesoftware.ifc.edu.br/media/upload/submissao/2017/09/20/2017-grimpa-de-araucaria-angustifolia-como-causa-de-mo_3e00Ewp.pdf>. Acesso em: jun. 2018.

CALDEIRA, M.V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes–Floresta OmbrófilaM ista Montana–Paraná. Revista Acadêmica**,** Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

EVANGELISTA, C. M. et al. "Grimpa" de *Araucaria angustifolia* como causa de morte por insuficiência respiratória em bovinos. Encontro Nacional de Diagnóstico Veterinário (ENDIVET), VII, 2014, Mato Grosso, Cuiabá, Brasil, Anais eletrônicos.Bahia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014, 2 p. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/apa/component/phocadownload/category/8-miscelanea>. Acesso em: mar. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama da cidade de São José do Cerrito, 2016 Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/sao-jose-do-cerrito/pesquisa/18/16459?tipo=ranking& indicador=16533>Acessado em 29 junho de 2018.

MACHADO, S.A; Dendrometria. 2ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006.

Capítulo 6. Outras Aplicações de Biomassa

ABSORÇÃO DE IMPACTO EM PAINÉIS HONEYCOMB DE BAMBU

Wellington Bazarim[1], Gian Ranzan[2], Sullivam Prestes[3], Fabiano Ostapiv[4], *Bruno Medeiros*[5]

[1]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, wellington_7@outlook.com*

[2]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco*

[3]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco*

[4]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco*

[5]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco*

Resumo

O trabalho tem como objetivo a determinação da absorção de energia de impacto de painéis compósitos tipo sanduíche, produzido com faces de fibra de vidro impregnadas com resina epóxi ou de base vegetal, e núcleo alveolado feito a partir de seções de colmo de bambu. Devido ao fato de não conseguir enquadrar o corpo de prova nas dimensões necessárias para o corpo de prova no ensaio de Charpy, há uma restrição pelo equipamento, será usado o ensaio de Izod como metodologia. Será feito um lote estatístico de 13 corpos de prova para cada variante de material adesivo, resinas epóxi e poliuretana, totalizando 26 corpos de prova. As amostras terão a geometria adaptada seguindo o modelo da norma ASTM D256, sem entalhe, com dimensões de base quadrada de 20 mm e comprimento de 200 mm, tendo as faces do painel orientadas na direção do impacto. O núcleo do painel será produzido a partir dos colmos do bambu da espécie "Drepanostachyum falcatum", também conhecido como bambu de jardim, largamente difundido no Brasil e que apresenta diâmetros pequenos e pequena ovalização. Os colmos de bambu foram cortados e estão atualmente armazenados em estufas à temperatura ambiente. Os materiais adesivos que serão aplicados aplicados neste trabalho são: resina sintética termofixa estrutural epóxi AR260 e resina poliuretana derivada do óleo de mamona RP 1315 C. Segundo o fabricante, a resina poliuretana apresenta como principais propriedades boa durabilidade e elasticidade, resistência a raios ultravioleta e ao intemperismo e ótima penetração nos poros das superfícies garantindo aderência (Imperveg). Quanto a resina epóxi, apresenta excelentes propriedade mecânicas quando curadas à temperatura ambiente e se curado por condições específicas pode proporcionar extrema resistência mecânica e módulo de elasticidade (E-Composites). Com este trabalho espera-se a compreensão do comportamento do painel sanduíche quanto a absorção de impactos e a verificação da influência dos materiais adesivos aplicados no compósito.

Palavras-chave. Izod. Compósito. Bambu. Resina Vegetal. Fibra de vidro.

ANÁLISE FÍSICO-MECÂNICA DE PAINÉIS DE RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇUCAR COM ADIÇÃO DE POLIESTIRENO

Dênis Kelington Ferreira Machado[1], Ketlin Borges Ferreira[2], Juliana Ceccato Ferreira[3], Carlos Rogério Andrade[4], Stéfanne Alves de Souza [5].

[1] *Universidade Federal de Goiás, deniskelington@hotmail.com*

Resumo

Com o crescimento na produção de painéis, houve um aumento na demanda por matéria-prima, o que leva à procura por outros tipos de materiais de rápido crescimento que possam contribuir de forma significativa com o setor. Sendo assim resíduos como os gerados pela agroindústria brasileira mostram-se como alternativas ao setor de painéis apresentando-se com vários tipos de resíduos lignocelulósicos com potencialidades de aproveitamento, em especial o bagaço da cana-de-açúcar. O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo. No ano de 2017 a produção de cana-de-açúcar foi de 635,59 milhões de toneladas. Aliado a essa alta produção, há uma grande geração de resíduos, principalmente de bagaço. Além do resíduo da cana-de-açúcar tem-se os resíduos termoplásticos entre eles os poliestirenos, que são descartados de forma irregular nos aterros sanitários. Esses resíduos poliméricos são considerados um dos grandes problemas ambientais da atualidade, pois a maioria possui origem sintética e podem levar dezenas de anos para se degradarem, havendo assim uma necessidade de buscar novas alternativas de uso para esse material, entre as quais destaca-se sua aplicação em painéis compósitos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar propriedades físicas e mecânicas de painéis compósitos produzidos a partir de bagaço de cana em relação a diferentes proporções de poliestireno (0%, 10%, 20% e 30%). Os painéis foram prensados na temperatura de 190°C, pressão de 6,2 MPa por 30 minutos. Para as propriedades físicas avaliou-se teor de umidade, densidade aparente, absorção de água e inchamento em espessura. As propriedades mecânicas analisadas foram módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE) pelo ensaio de flexão estática e tração perpendicular. O módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) foi determinado, ajustando-se uma equação que melhor representasse sua relação com o módulo de elasticidade estático. Os painéis foram classificados como de baixa densidade, com um valor médio de 0,46 g/cm³ ± 0,015 g/cm³. Verificou-se uma correlação negativa nas propriedades físicas de teor de umidade, absorção de água e, inchamento em espessura com as proporções de poliestireno. Os valores médios obtidos para MOR foram de 11,16; 7,07; 12,51 e 13,33 kgf/cm², para as proporções 0%, 10%, 20% e 30% de PS respectivamente. Já para MOE os valores médios obtidos foram de 1369,5; 640,4; 1125,3 e 1269,8 kgf/cm² respectivamente. A partir dos valores do MOEd foi possível ajustar uma equação significativa, com o valor de coeficiente de determinação (R^2) de 0,8051 estimativa do MOE estático. Painéis produzidos 30% de poliestireno podem ser recomendados na produção de painéis compósitos, entretanto, é indicado o uso de parafina a fim de melhorar as propriedades físicas dos painéis.

Palavras-chave. Resíduos agroindustriais. Plástico. Painéis aglomerados.

Armazenamento de gases em pressões moderadas utilizando carvão ativado como adsorvente

Lazaro Gasparrini[1], Rodolfo de Andrade Schaffner[1], Sidnei dias Monteiro Junior[1], Helton José Alves[1]

[1]*Laboratório de Catálise e Produção de Biocombustíveis LabCatProBio – Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina*

Resumo

O armazenamento de gases na forma adsorvida explorando a superfície materiais porosos é uma tecnologia atraente que busca atingir uma elevada densidade energética em pressões moderadas, envolvendo um baixo consumo de energia na compressão. Neste contexto, estudos envolvendo soluções para o armazenamento do biometano surgem como uma demanda do setor de combustíveis gasosos, buscando incrementar o desenvolvimento de novas tecnologias à cadeia do biogás. Desta forma o objetivo do presente trabalho foi realizar o armazenamento de metano via adsorção a pressão de 35 bar utilizando carvões ativados como adsorventes, buscando encontrar as melhores condições experimentais. Foi utilizado como precursor carbonáceo um carvão vegetal comercial, com diâmetro médio de partícula de 2 mm. O precursor foi caracterizado através das técnicas de Fisissorção de N_2, Microscopia eletrônica de varredura (MEV), Picnometria de Gás Hélio, Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) e Ponto de carga zero (PCZ). O precursor sofreu ativação física, utilizando dióxido de carbono (CO_2), e ativação química, por meio de Hidróxido de sódio (NaOH) em três diferentes proporções mássicas entre o agente ativador e a matéria prima (0,5:1, 1:1 e 3:1). Os ensaios de adsorção de metano foram divididos em duas etapas, a primeira com o objetivo de selecionar o melhor adsorvente entre os testados na segunda o melhor adsovente seu desempenho estudado sob diferentes condições de temperatura para a adsorção, em uma unidade experimental constituída por bomba compressora, tanque pulmão, forno e cilindro de armazenamento (0,0996 L) onde é utilizado 40g do adsorvente para preenchimento. Foi observado que os tratamentos realizados aumentaram a área especifica em até 25%, atingindo 731 $m^2\ g^{-1}$, e o volume de poros e microporos em até 29% (0,41 $cm^3 g^{-1}$) respectivamente, em relação ao carvão comercial. Pelas micrografias foi possível observar que os carvões que sofreram tratamento químico apresentaram maior quantidade de poros na superfície do material. No teste de armazenamento de metano conduzido com o cilindro vazio

foi possível estocar aproximadamente 2,7 L (28,89 V V^{-1}), e com a utilização dos adsorventes tratados foi possível armazenar 4 vezes este valor (10,8 L), nas mesmas condições de temperatura e pressão. Além disso, foi observado que a capacidade de armazenamento está linearmente relacionada com a área especifica do material e ao volume de poros. Em geral, o carvão apresentou melhor resultado de adsorção na temperatura de 25 ºC. Além disso, com o aquecimento do cilindro de armazenamento a 60 ºC por 15 minutos foi possível recuperar 100% do metano adsorvido.

Palavras-chave. Adsorção. Biometano. Carvão ativado.

Capacidade antifúngica de suspensões estáveis de lignina e timol contra o fungo *Ganoderma applanatum*

Aline Krolow Soares[1], Washington Luiz Esteves Magalhães[1,2], Paula Zanatta[3], Darci Alberto Gatto[4]

[1]*Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais (PIPE) – 81530-000, Curitiba, Paraná, Brasil.*

[2]*Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira km 111, 83411-000 – Colombo, Paraná, Brasil.*

[3]*Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Engenharia Florestal – 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil.*

[4]*Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDTec), 96010-610 – Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.*

Resumo

O presente estudo propôs a avaliação da atividade antifúngica de um sistema biocida elaborado a partir de uma suspensão de timol estabilizada em lignina kraft contra o fungo Ganoderma applanatum. Para isso, foram produzidas suspensões com pH=7,0 em proporções de 1:1, 1:0,5 e 1:0,1 (lignina:timol) que foram diluídas a 0,1, 0,5 e 1 g.l^{-1} em meio de cultura ágar malte dextrose para análise da capacidade mínima inibitória (MIC) frente ao fungo Ganoderma applanatum. Os resultados indicaram que uma pequena concentração de timol (1:0,1) foi eficiente em retardar o crescimento micelial do fungo nas diluições de 0,5 e 1 g.l^{-1} testadas, onde houve crescimento micelial do fungo de 80,66% e 17,52%, respectivamente no sexto dia de exposição. As suspensões 1:1 e 1:0,5 foram mais eficientes e apresentaram capacidade fungicida, ou seja, inibiram completamente o crescimento micelial desde o primeiro dia de exposição. O timol comercial também apresentou poder fungicida enquanto que a lignina comercial apresentou característica semelhante às amostras que não continham o biocida (branco), indicando que o fungo Ganoderma applanatum não teve dificuldade de crescer quando em contato com a lignina. Isso ocorre porque este é um fungo xilófago causador da podridão-branca e ao atacar madeiras, por exemplo, degrada lignina e carboidratos na mesma proporção. Dessa maneira, foi possível concluir que a inclusão de lignina na elaboração do biocida foi eficiente não somente para reduzir a concentração de timol necessária como também para reduzir o custo do biocida, uma vez que a lignina é obtida a partir de um subproduto da indústria de polpa e papel, e o timol apresenta alto custo de mercado.

Palavras-chave. Biomassa, material lignocelulósico, óleos essenciais, biocida sustentável.

Introdução

Os esforços para desenvolver alternativas mais amigáveis ambientalmente nos dias de hoje vêm apontando para o uso do timol quando se trata de biocidas (NURUZZAMAN et al., 2016). O timol é um monoterpeno de baixo peso molecular e constitui o óleo essencial do tomilho (*Thymus vulgaris*), orégano (*Origanum vulgare*) e alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) (LICATA et al., 2015). O uso do timol ainda é limitado devido a sua baixa miscibilidade em água, sendo necessário o uso de surfactantes que controlem essa característica. Contudo, os surfactantes mais empregados apresentam alta toxicidade e prejudicam organismos aquáticos, como é o caso dos polissorbatos (REBELLO et al., 2013), e são em sua maioria derivados do petróleo.

Visando materiais mais sustentáveis, deve-se, portanto, buscar substituintes naturais para esses surfactantes. Um recurso proveniente da biomassa pode ser a solução para esse problema: a lignina. A lignina é um biopolímero de natureza aromática com alto peso molecular, constituída por unidades fenilpropanóides (NIPELÖ et al., 2015). A possibilidade de uso da lignina como estabilizante é devido à sua natureza anfifílica, pois ela possui tanto domínios hidrofóbicos (-CH_3) como hidrofílicos (-OH), o que permite a estabilização de interfaces água-óleo, sendo uma alternativa aos surfactantes sintéticos (LAM et al., 2014).

Nesse sentido, o presente estudo traz uma abordagem nova para a produção de um biocida sustentável, baseado em lignina e timol. Como objetivo central do estudo, buscou-se avaliar a capacidade antifúngica de uma suspensão produzida com timol e estabilizada com lignina contra o fungo *Ganoderma applanatum*.

Material e Métodos

Inicialmente, foi preparada solução contendo 33% de timol utilizando álcool etílico como solvente, esta solução foi adicionada à solução com 5% de lignina diluída em NaOH 1M para obter as seguintes proporções: 1:1, 1:0,5 e 1:0,1 (L:T). Foi adicionado nesta mistura 0,5 mL do surfactante Tween-20 diluído 0,1% em H2O a fim de obter melhor miscibilidade, 1 mL de HCl 5M foi adicionado para equilíbrio do pH=7,0 e água destilada foi adicionada para completar o volume de 50 mL em cada suspensão. Os materiais foram agitados em ultrassonicador com potência líquida de 130 watts e frequência de 20kHz (Sonics – Vibra Cell), utilizando uma amplitude de 80% da frequência máxima, com tempo 10 segundos de agitação e 2 segundos de pausa durante 10 minutos. As amostras foram secas em estufa à vácuo durante 24 horas a 60°C (Quimis) para análise da capacidade mínima de inibição do crescimento micelial do fungo xilófago *Ganoderma applanatum*.

Para tal, as três suspensões produzidas, além da lignina e do timol individualmente foram misturadas ao meio de cultura BDA (batata, dextrose, agar) em diferentes concentrações (0,1, 0,5 e 1% em massa) para avaliar a concentração mínima inibitória para o desenvolvimento de cada fungo. A quantidade de BDA utilizada foi constante, de acordo com especificações do fabricante. Posteriormente, o BDA com cada amostra mais BDA controle foram distribuídos

em placas de petri, em triplicata. A etapa seguinte foi a distribuição dos fungos com diâmetro de 5mm para cada placa.

As culturas de fungos foram repicadas no mesmo dia e distribuídas a partir do mesmo BDA. Além disso, os discos foram retirados no período de crescimento ativo (micélio sem encostar nas bordas da placa), com coloração típica, e acondicionados a uma temperatura adequada (23°C). Após a adição dos fungos, a avaliação da capacidade inibitória das amostras foi realizada pela medição do crescimento micelial, através de medições diárias até preencher toda placa de petri.

Resultados e discussão

Ao avaliar a concentração mínima de inibição do crescimento micelial do fungo *Ganoderma applanatum* nas amostras de suspensões produzidas com timol e lignina foi possível observar que mesmo as amostras produzidas com a menor quantidade de timol já apresentaram resultados positivos nos testes. Em todas as concentrações, o crescimento micelial em timol comercial foi de 0%, ou seja, o timol é um fungicida bastante eficiente. Observa-se que após 6 dias de ensaio, todas as placas de petri contendo BDA foram preenchidas pelo fungo e o ensaio foi finalizado. No entanto, as características do crescimento micelial do fungo nas amostras contendo lignina e nas suspensões foram distintas. Além disso, observou-se que a capacidade antifúngica das suspensões está relacionada com a concentração desta no meio de cultura (Tabela 1).

No terceiro dia, o crescimento micelial do fungo na presença das amostras com concentração de 0,1% apresentou tendência similar. A placa contendo lignina teve 47,56% de sua área tomada pelo fungo e a amostra 1:0,1 apresentou 41,98% da área tomada pelo fungo, valores superiores ao crescimento micelial na presença de BDA (41,56%). Porém, já no quinto dia de experimento o crescimento micelial do fungo no meio de cultura BDA foi maior. Ao finalizar o experimento, no sexto dia, enquanto o crescimento micelial do fungo no BDA atingiu as bordas da placa de petri (100% de crescimento), nas amostras de lignina e suspensão 1:0,1, o crescimento micelial atingiu 90,84% e 90,40% da placa de petri, respectivamente. Por outro lado, nas amostras 1:0,5 e 1:1 o crescimento micelial foi menor que nas demais durante todos os dias de experimento, apresentando 87,12% e 74,28% da área total das placas de petri tomadas pelo fungo, respectivamente, no final do experimento (sexto dia).

Já com uma concentração de 0,5%, as amostras 1:1 e 1:0,5 inibiram completamente o crescimento do fungo *Ganoderma appanatum*. O crescimento micelial na placa de petri contendo lignina (46,88%) foi superior ao BDA (35,43%) desde o primeiro dia de ensaio e até o quinto dia, porém, no sexto dia de teste ambos apresentaram preenchimento total da placa de petri. A amostra 1:0,1, no terceiro dia de ensaio apresentou mais da metade do crescimento micelial que a lignina, e no final do experimento, o fungo apresentou apenas 80,66% de preenchimento da placa de petri nessa amostra.

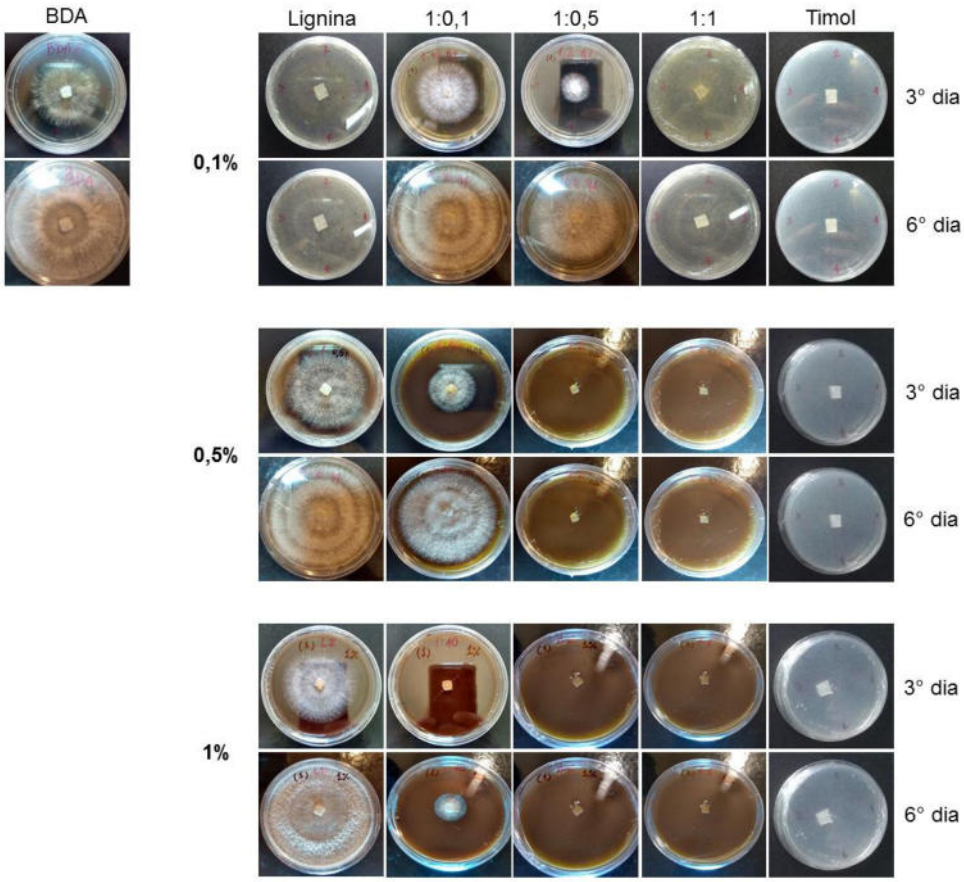
Tabela 1. Concentração mínima inibitória da lignina, timol e das suspensões produzidas com timol e lignina.

Concentração	Amostra	Tempo (dias)			
		3	4	5	6
0,1%	Timol	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:1	30,07	45,38	59,78	74,28
	1:0,5	30,85	49,71	65,26	87,12
	1:0,1	41,98	65,94	83,47	90,40
	Lignina	47,23	67,69	81,49	90,84
	BDA	41,56	65,27	84,80	100
0,5%	Timol	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:1	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:0,5	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:0,1	20,10	38,81	58,65	80,66
	Lignina	46,88	67,52	94,36	100
	BDA	35,43	56,86	84,80	100
1%	Timol	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:1	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:0,5	0,00	0,00	0,00	0,00
	1:0,1	0,00	0,00	5,07	17,52
	Lignina	35,84	58,37	83,20	100
	BDA	35,43	60,95	88,69	100

Em que: 1:1= amostras com proporção de 1:1 (lignina:timol); 1:0,5= amostra com proporção de 1:0,5 (lignina:timol); 1:0,1= amostra com proporção de 1:0,1 (lignina:timol).

Também na concentração de 1% as amostras 1:1 e 1:0,5 inibiram totalmente o crescimento do fungo, o que era esperado já que as mesmas amostras em concentração de 0,5% já foram capazes de impedir o crescimento do fungo *Ganoderma applanatum*. Já a amostra 1:0,1 teve um efeito de retardar o início do crescimento micelial, apenas no quinto dia de andamento do experimento o fungo apresentou crescimento, de 5,07%. No último dia do teste apenas 17,52% da placa foi tomada pelo fungo. As placas de petri contendo a amostra 1:0,1 na concentração de 1% continuaram sendo medidas até o preenchimento total pelo fungo, que ocorreu no décimo terceiro dia após o início dos ensaios. O crescimento micelial do fungo na presença da amostra de lignina na concentração de 1% foi similar ao BDA. Maiores detalhes sobre o aspecto dos micélios do fungo *Ganoderma applanatum* para cada amostra pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1. Crescimento micelial do fungo *Ganoderma applanatum* no terceiro e sexto dia de análise em meio de cultura BDA e nas amostras de lignina, suspensão (1:0,1, 1:0,5 e 1:1) e timol. Em que: 0,1%, 0,5% e 1% são as concentrações de amostra em meio de cultura utilizadas; 1:1= amostras com proporção de 1:1 (lignina:timol); 1:0,5= amostra com proporção de 1:0,5 (lignina:timol); 1:0,1= amostra com proporção de 1:0,1 (lignina:timol).



Fonte: Autores, 2019.

A partir da análise dos resultados, é possível observar que a atividade antifúngica das amostras teve forte relação com a quantidade de timol, tanto a quantidade de timol na amostra como a concentração da amostra no meio de cultura. Nesse sentido, Klaric et al. (2007) atribuíram a atividade fungicida e fungistática do óleo essencial de *Thymus vulgaris* em mofos de parede ao timol. O mecanismo de ação do timol ainda é pouco conhecido, no entanto, especula-se que suas propriedades estão relacionadas com sua estrutura fenólica. De acordo com Chavan e Tupe (2014), o timol é responsável por causar danos na membrana e vazamento de conteúdo citoplasmático nos microorganismos. O timol já foi comprovado ter capacidade fungicida e fungistática in vitro contra diversos fungos e leveduras (KLARIC et al., 2007; ZUZARTE et al., 2013; CHAVAN e TUPE, 2014) e aqui neste estudo, comprovamos que apresenta também atividade antifúngica contra o fungo xilófago de podridão branca *Ganoderma applanatum*.

Por outro lado, a lignina individualmente não apresentou inibição do crescimento micelial em nenhuma concentração. Embora a lignina seja referida na literatura como uma molécula com propriedades fungicidas (AGO et al., 2017), o crescimento micelial nas amostras contendo lignina foi igual e, em alguns casos superior, que as amostras controle contendo apenas BDA.

Conclusões

As três formulações de suspensões apresentaram resistência in vitro contra o fungo de podridão branca *Ganoderma applanatum* a partir da concentração 0,5%, apresentando inibição total do crescimento micelial nas amostras com maior quantidade de timol (1:1 e 1:0,5). O timol individualmente inibiu completamente o crescimento micelial e a lignina não apresentou resistência contra esses fungos, indicando que essas suspensões têm potencial para aplicação na preservação da madeira.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pesquisa, ao CNPq pelas bolsas produtividade e à Embrapa Florestas pelo suporte técnico-científico.

Referências Bibliográficas

AGO, M.; TARDY, B. L.; WANG, L.; GUO, J.; KHAKALO, A.; ROJAS, O. J. Supramolecular assemblies of lignina into nano- and microparticles. *Materials Research Society Bulletin*, v.42, p.371-378, 2017.

CHAVAN, P. S.; TUPE, S. G. Antifungal activity and mechanism of action of carvacrol and thymol against vineyard and wine spoilage yeasts. *Food Control*, 2014.

KLARIC, M. S.; KOSALEC, I.; MASTELIC, J.; PIECKOVA, E.; PEPELJNAK, S. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. *Letters in Applied Microbiology*, v.44, p.36–42, 2007.

LAM, S.; VELIKOV, K. P.; VELEV, O. D. Pickering stabilization of foams and emulsions with particles of biological origin. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, v.19, p.490–500, 2014.

LICATA, M.; TUTTOLOMONDO, T.; DUGO, G.; RUBERTO, G.; LETO, C.; NAPOLI, E. M.; RANDO, R.; RITA FEDE, M.; VIRGA, G.; LEONE, R. Study of quantitative and qualitative variations in essential oils of Sicilian oregano biotypes. *Journal of Essential Oil Research*, v.27, p.293-306, 2015.

NIPELÖ, T. E.; CARRILLO, C. A.; ROJAS, O. J. Lignin supracolloids synthesized from (W/O) microemulsions: use in the interfacial stabilization of Pickering systems and organic carriers for silver metal. *Soft Matter*, v.11, p.2046-2054, 2015.

NURUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M.; LIU, Y.; NAIDU, R. Nanoencapsulation, NanoGuard for Pesticides: A New Window for Safe Application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.64, p.1447–1483, 2016.

REBELLO, S.; ASOK, A. K.; MUNDAYOOR, S.; JISHA, M. S. Surfactants: Chemistry, Toxicity and Remediation. Cap. 5. p.278-305, 2013.

ZUZARTE, M.; GONÇALVES, M. J.; CAVALEIRO, C.; CRUZ, M. T; BENZARTI, A.; MARONGIU, B.; MAXIA, A.; PIRAS, B. A.; SALGUEIRO, L. Antifungal and antiinflammatory potential of *Lavandula stoechas* and *Thymus herba*-barona essential oils. *Industrial Crops and Products*, v.44, p.97–103, 2013.

Caracterização Química de Diferentes Fibras Vegetais

G. R. F. Bronzato, V. A. C. A Reis, L. C. Costas, A. L. Leão, I. Cesarino

Sao Paulo State University (UNESP), School of Agriculture, Botucatu, Brazil, gi.bronzato@gmail.com

Resumo

Atualmente, as pessoas estão consumindo mais produtos sustentáveis ao invés de mercadorias feitas de matéria prima de origem fóssil. Um exemplo é a substituição de bens de consumo constituídos inteiramente de plástico por produtos que misturam em sua composição esse material e fibras vegetais, os biocompósitos. Um segundo exemplo é a troca de combustíveis como o diesel e a gasolina pelo etanol, proveniente diretamente da glicose (1G) ou da celulose (2G).

Na teoria, qualquer vegetal pode ser utilizado como matéria prima para a produção de biocompósitos e de etanol 2G, porém dificilmente a mesma planta terá as características ideais para ambos os processos. Por isso, é fundamental que se saiba a composição química das fibras vegetais, ou seja, os seus teores de celulose, lignina, hemicelulose, cinzas e extrativos.

Para o processo de produção de etanol de segunda geração é interessante que a biomassa tenha um alto teor de celulose e um baixo teor de lignina, pois a celulose precisa ser isolada da lignina, por meio de tratamentos químicos e físicos, para posteriormente ser convertida em glicose, pela ação de uma enzima.

Para os biocompósitos é ideal uma grande quantidade de celulose, pois as fibras atuam como reforço estrutural e um alto valor de lignina pode ajudar no processo de plastificação do material, pois esse componente atua como aglomerante.

Esse trabalho teve como objetivo a caracterização química de diferentes biomassas vegetais: casca de arroz (Oriza sativa), casca de café (Coffea arábica L.), abacaxizeiro (Ananas comosus), pseudocaule da bananeira (Musa sp. – subgrupo Prata), bambu (Guadua angustifólia), titica (Heteropsis flexuosa), aguapé (Eichhornia crassipe) e tabaco (Nicotiana tabacum) proveniente de cigarros. Todas essas biomassas são resíduos da agroindústria, ou plantas que são consideras pragas. Conforme os teores de celulose e lignina as fibras foram classificadas para serem utilizadas como matéria prima em biocompósito ou em etanol 2G.

A metodologia para a caracterização química seguiu as seguintes normas:

- *TAPPI T264 cm-97 (1997) – Preparo da Biomassa para Análise;*
- *TAPPI 204 om-97 (1997) – Teor de Extrativos;*
- *TAPPI T211 om-02 (2002) – Teor de Cinzas;*
- *TAPPI 222 om-02 (2006) – Teor de Lignina;*
- *TAPPI T257 wd-75 (2015) – Teor de Holocelulose;*
- *EMBRAPA – Documentos 236 (2010) – Teor de Celulose.*

Conforme os resultados, apresentados na Tabela 1, as fibras de aguapé, pseudocaule da bananeira, abacaxizeiro e tabaco, todas estas, com mais de 20% de celulose e menos de 10% de lignina, foram utilizadas como matéria prima para a produção de etanol 2G. Por outro lado, casca de arroz, casca de café, titica e bambu, biomassas com mais de 20% de celulose e de 15% de lignina, foram usadas para a produção de biocompósitos.

A produção de etanol 2G e a de bicompósitos, com fibras vegetais como matéria prima, são exemplos de processos que agregam valor ao resíduos agroindustriais, ou, também podem ser uma

forma de reduzir um problema ambiental e econômico, como a utilização das biomassas do aguapé e do tabaco.

Biomassa	*Celulose (%)*	*Lignina (%)*	*Hemicelulose (%)*	*Extrativos (%)*	*Cinzas (%)*
Casca de Arroz	*48*	*23*	*27*	*3*	*19*
Casca de Café	*29*	*20*	*20*	*6*	*6*
Abaxizeiro	*37*	*4*	*23*	*20*	*9*
Pseudocaule da Bananeira	*30*	*5*	*26*	*20*	*3*
Bambu	*41*	*18*	*30*	*5*	*3*
Titica	*41*	*35*	*35*	*2*	*3*
Aguapé	*26*	*9*	*27*	*19*	*22*
Tabaco	*21*	*5*	*15*	*25*	*14*

Tabela 1 – Caracterização química de diferentes fibras vegetais

Após o estudo de caracterização química, as biomassas foram utilizadas para os processos escolhidos. Os biocompósitos foram feitas com 60% de material vegetal e 40% de ABS, e em testes de biodegradabilidade todas apresentaram um baixo índice, o que indica que elas são resistentes ao ataque de microrganismos. Na produção de etanol 2G, apenas os trabalhos com aguapé foram concluídos, com um rendimento de 3,3 L de etanol/ton de aguapé. As outras fibras ainda estão em estudos, mas já apresentaram bons rendimentos na etapa de pré-tratamento.

DOCUMENTOS 236. **PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE LIGNOCELULÓSICA**: 2.7.1. Determinação de alfacelulose. Campina Grande: Embrapa, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883400/1/DOC236.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2019.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 9 wd-75**: Holocellulose in wood. Atlanta: Tappi, 2015.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 204 CM-97**: Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: Tappi, 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 211 OM-02**: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C. Atlanta: Tappi, 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 222 OM-02**: Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Atlanta: Tappi, 2006.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 264 CM-97**: Preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi, 2002.

Palavras-chave. *Caracterização química. Fibras vegetais. Etanol 2G. Biocompósitos.*

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES BIOMASSAS COMO FONTES DE CARBONO NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS BIOGÊNICOS

Julio Ruffin Pinhel[1], Ana Carolina Lopes Amaral Costa[2], Mariana Bonacelli Montelatto[2], Saulo Philipe Sebastião Guerra[2] e Alcides Lopes Leão[1]

[1]*Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu/SP* julioramone@hotmail.com

[2]*Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu/SP*

Resumo

A compostagem, técnica praticada por agricultores e jardineiros há muito tempo, é realizada das mais diversas formas. Depende da ação de microrganismos que, entre outras condições favoráveis, dependem da granulometria do material e da relação carbono / nitrogênio (C/N). Assim, a mistura de vários tipos de resíduos biogênicos é a melhor maneira de tentar balancear estes dois parâmetros. Os resíduos biogênicos domiciliares são fontes de nitrogênio para a compostagem. Restos de podas, serragem, palhas, etc, são fontes de carbono. Neste contexto, o presente estudo visa comparar o processo de compostagem dos resíduos biogênicos utilizando-se diferentes biomassas fontes de carbono para entender qual destas pode produzir o melhor composto, se adequando melhor ao processo. Para tanto, foi utizada serragem de Pinus, cavaco de eucalipto e fibra de bambu. Foram enviadas amostras destas biomassas para análise da relação C/N e outros parâmetros. Também foram realizadas análises da relação C/N e outros parâmetros de amostras dos resíduos biogênicos. O processo de compostagem foi realizado em baias (pilhas), os materiais foram pesados na montagem das pilhas, a temperatura foi controlada, as pilhas foram revolvidas periodicamente e foi feita a correção da umidade. Foram enviadas amostras dos compostos prontos para análise de macro e micronutrientes. Também foram realizadas análises de granulometria. Os resultados mostraram que a fibra de bambu não se decompôs por completo após os 120 dias de compostagem, prejudicando o processo. A granulometria não interferiu no processo. A serragem e o cavaco de eucalipto apresentaram resultados semelhantes e ambos demonstraram serem biomassas adequadas para a compostagem.

Palavras-chave. Compostagem; Biomassa; Relação C/N; Granulometria.

Introdução

A compostagem é uma técnica praticada pelos agricultores e jardineiros ao longo dos séculos, sendo realizada das mais diversas formas e processos (CAMPBELL, 1999). O material oriundo da compostagem é chamado de fertilizante orgânico (composto ou adubo),

um material estabilizado e que, quando aplicado ao solo, melhora suas características físicas, químicas e biológicas.

Bidone (2001) afirmou que por ser um processo puramente microbiológico, a sua eficiência depende da ação e da interação de microrganismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como a temperatura, a umidade, a aeração, o pH, a granulometria do material e a relação carbono/ nitrogênio (C/N).

Desta forma, a mistura de vários tipos de resíduos biogênicos é a maneira mais adequada de tentar balancear a relação C/N e a granulometria, que além dos nutrientes necessários para o desenvolvimento microbiano, favorecerá também a homogeneização da massa em compostagem (VALENTE *et al*., 2009).

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos envolvidos no processo depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (SHARMA *et al*., 1997). Desta forma, a relação C/N deve ser determinada no material a ser compostado, para efeito de balanço de nutrientes, e também no produto final, para efeito de qualidade do composto (MORREL *et al*., 1985).

Os resíduos biogênicos são constituídos principalmente por cascas de frutas, verduras, legumes, e restos de alimentos cozidos ou estragados, entre outros. Estes resíduos são fontes de nitrogênio para a compostagem. Outros tipos de resíduos como restos de podas (galhos e folhas secas), serragem, palhas, cascas de árvores, entre outros, são fontes ricas em carbono (TEIXEIRA, 2004).

A granulometria, assim como a relação C/N, é uma importante característica a ser considerada, pois interfere no processo de compostagem. A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos, acelerando o processo de decomposição (KEENER; DAS, 1996; FERNANDES; SILVA, 1999; KIEHL, 2004).

Apesar dos estudos existentes sobre o assunto, percebe-se a necessidade de pesquisas aprofundadas sobre a melhoria da eficiência do processo de compostagem, a fim de produzir compostos de melhor qualidade quanto ao fornecimento de nutrientes às plantas e, também como condicionadores do solo.

Neste contexto, o presente estudo visa comparar o processo de compostagem dos resíduos biogênicos utilizando-se diferentes biomassas fontes de carbono para que se entenda qual destes pode contribuir na produção do melhor composto, se adequando melhor ao processo.

Materiais e Métodos

Para a realização da compostagem dos resíduos biogênicos provenientes de residências e grandes geradores do município de Botucatu, foram avaliadas 3 (três) biomassas

como fonte de carbono do processo: serragem (preferencialmente cavaco ou maravalha), cavaco de eucalipto e fibra de bambu.

A serragem, proveniente de *Pinus sp*, foi coletada em fábricas locais (madeireiras e fábrica de caixas de abelhas). O eucalipto utilizado foi da espécie *Eucalyptus urophylla* - clone AEC 0144 com idade aproximada de 7 anos, e o bambu da espécie *Bambusa tulda,* sem idade conhecida. Estes foram coletados em área experimental da Fazenda Lageado, localizada na Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA, Botucatu/SP, e posteriormente transformados em cavacos (no caso do eucalipto) e fibras (no caso do bambu) através de uma máquina trituradora de galhos e troncos.

Foram enviadas uma amostra de cada biomassa para análise da relação C/N e outros parâmetros no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da FCA, UNESP, Botucatu/SP. Também foram enviadas três amostras dos resíduos biogênicos para as mesmas análises, onde uma amostra continha apenas restos de alimentos crus (cascas de frutas, verduras, legumes, etc), outra continha apenas restos de alimentos cozidos (arroz, feijão, macarrão, etc) e a terceira amostra continha tanto restos crus quanto restos cozidos.

Para o processo de compostagem foram utilizadas composteiras (baias) de concreto de 1m³ cada, num total de 6 (seis) baias, onde em duas foram colocados resíduos biogênicos e serragem, em outras duas foram colocados resíduos biogênicos e cavaco de eucalipto, e nas outras duas resíduos biogênicos e fibra de bambu.

O manejo das baias foi realizado através dos revolvimentos, que aconteceram a cada 15 (quinze) dias, e através da correção da umidade molhando-se as baias com auxílio de mangueira. As temperaturas das baias de compostagem também foram medidas periodicamente, com o auxílio de um termômetro laser digital infravermelho, com capacidade para temperaturas entre -50°C e 380°C, e precisão de +/- 1,5°C.

O tempo de compostagem foi de 120 (cento e vinte) dias. Ao término deste tempo, de cada baia foram retiradas 5 (cinco) amostras do composto de lados e profundidades diferentes da mesma, de maneira aleatória e, assim, foram feitas duas amostras compostas para cada baia.

Para uma das amostras de cada baia foram feitas as análises de macro e micronutrientes de composto pronto para uso, no mesmo laboratório citado anteriormente. Para a outra amostra de cada baia foram realizadas análises de granulometria. Neste caso, o material picado foi submetido ao teste de separação granulométrica em um separador de partículas com seis peneiras de malhas: > 100 mm, 100-63 mm, 63-45 mm, 45-16 mm, 16-3,35 mm, 3,35-1,2 mm, < 1,2 mm (fundo) de acordo com a ABNT (1981). Foram verificadas as quantidades em porcentagem do material em cada classe granulométrica.

Resultados e Discussão

As análises da relação C/N da serragem de *Pinus*, do cavaco de eucalipto e da fibra de bambu, assim como os demais parâmetros analisados, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Análises da relação C/N e outros parâmetros das biomassas fontes de carbono

AMOSTRAS	Nitrogênio Total	Umidade	Matéria Orgânica	Carbono Orgânico	Relação C/N
	* % (ao natural)			seca	
Serragem	0,31	8	87	52	152/1
Eucalipto	0,37	8	87	53	129/1
Bambu	0,21	48	47	51	124/1

*Teores totais

Essas análises corroboram o fato de todas as biomassas utilizadas serem fontes de carbono para o processo de compostagem, devido à elevada relação C/N (grande quantidade de carbono) que apresentaram (BRAGA, 2010). Com relação aos demais parâmetros, destacam-se tanto o teor de Matéria Orgânica da fibra de bambu, menor que os das outras duas biomassas, quanto sua umidade mais elevada, isso porque a análise deste material foi feita poucos dias depois da sua coleta em campo.

As análises das relações C/N (e outros parâmetros) das três amostras dos resíduos biogênicos podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Análises da relação C/N e outros parâmetros dos resíduos biogênicos

AMOSTRAS	Nitrogênio Total	Umidade	Matéria Orgânica	Carbono Orgânico	Relação C/N
	* % (ao natural)			seca	
Alimentos crus	0,17	89	9	43	28/1
Alimentos cozidos	0,54	72	25	50	26/1
Crus + cozidos	0,79	72	24	49	17/1

*Teores totais

A partir destes resultados, adotou-se a relação C/N de 17/1 para a montagem das baias de compostagem pois os resíduos biogênicos coletados continham tanto restos de alimentos crus quanto cozidos.

Durante os 45 dias iniciais de compostagem, os resíduos atingiram temperaturas termófilas, chegando a 55ºC, garantindo um processo ambientalmente adequado. Após este período a fase ativa chegou ao seu fim e as temperaturas chegaram à faixa mesófila, entre 30 e 40ºC, iniciando a fase de maturação (KIEHL, 2004). Após 75 dias de fase de maturação, o processo de compostagem atingiu 120 dias, tempo adequado para que os materiais já tivessem se transformado em composto.

Nesse contexto, os resultados das análises de macro e micronutrientes dos compostos produzidos podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Análises de macro e micronutrientes dos compostos produzidos utilizando cada tipo de biomassa

AMOSTRAS	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S	Umidade	M.O.-Total	C.-Total	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N (total)	pH
	---------- ** % (ao natural) ----------									----------** mg/Kg (ao natural)----------						ao natural	
Eucalipto	1,10	0,40	0,72	2,66	0,26	0,10	38	37	20	2103	---	16	477	75	21	18/1	7,9
Eucalipto	1,22	0,52	1,25	2,15	0,27	0,13	43	45	25	2453	---	18	800	86	25	20/1	7,9
Bambu	1,22	0,40	1,62	0,99	0,25	0,13	22	64	36	2389	---	19	398	52	20	30/1	8,3
Bambu	1,12	0,50	1,57	1,94	0,23	0,16	45	44	24	2845	---	15	627	41	22	21/1	8,7
Serragem	1,30	0,54	1,29	1,65	0,25	0,15	42	45	25	2703	---	20	2621	94	37	19/1	7,2
Serragem	1,12	0,37	0,80	1,40	0,19	0,11	50	39	22	2111	---	16	2191	61	29	20/1	6,8

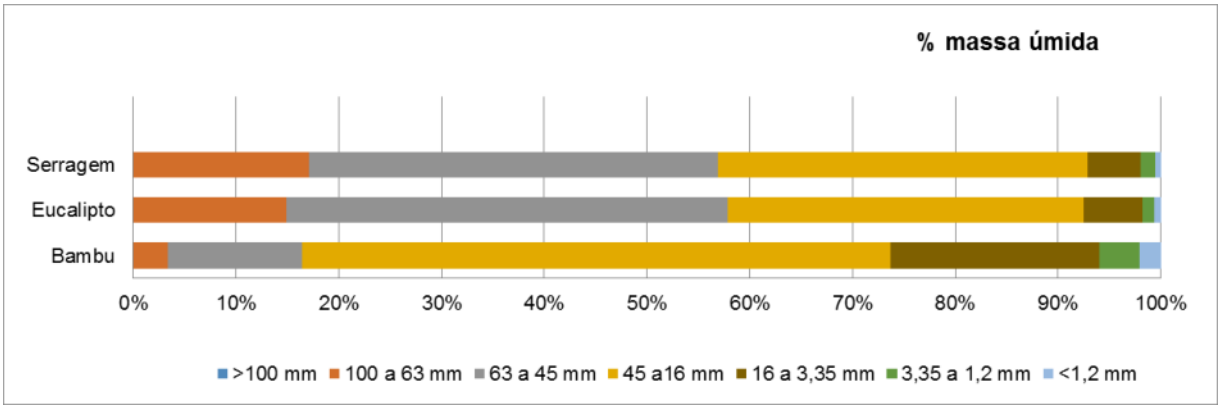
**Teores totais

De acordo com a Instrução Normativa n° 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), e conforme apresentado na Tabela 3, todos os parâmetros foram atendidos para as três biomassas fontes de carbono utilizadas, com exceção da relação C/N da fibra de bambu. As análises das duas amostras do composto produzido a partir deste material mostrou que esta relação ficou acima do valor máximo permitido nos dois casos (30/1 e 21/1).

Ou seja, o processo de compostagem utilizando-se a fibra de bambu foi diferente dos processos de compostagem utilizando-se o cavaco de eucalipto e a serragem. Esta alta relação C/N apresentada no caso em que se utilizou a fibra de bambu demonstra que o processo de compostagem não foi completo (GUIDONI *et al*, 2013), ou seja, parte da matéria orgânica não se degradou.

Conforme pode ser observado na Figura 1, a maior porcentagem granulométrica ficou retida nas peneiras de malhas medianas: 63 a 45 mm, e 45 a 16 mm. Com exceção da peneira com malha > 100 mm, na qual não ficou retido nenhum material, em todas as outras peneiras foi encontrada alguma porcentagem de material. Isso se deve aos diferentes materiais utilizados na confecção das pilhas de compostagem, com granulometrias diversificadas.

Figura 1. Granulometria dos compostos produzidos utilizando-se cada tipo de biomassa.



Fonte: Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia (LABB) – UNESP – Botucatu/SP

Assim, de acordo com a Figura 1, pode-se afirmar que a granulometria não interferiu no processo.

É importante salientar que a fibra de bambu permaneceu praticamente inteira ao longo do processo de compostagem, sendo necessário um período maior para decomposição.

Conclusões

A fibra de bambu não se decompôs completamente após os 120 dias de compostagem, prejudicando o processo e produzindo um composto com relação C/N acima da permitida por lei para fertilizantes orgânicos. A granulometria das 3 biomassas não interferiu no processo. O cavaco de eucalipto e a serragem de *Pinus* apresentaram comportamentos semelhantes entre si durante o processo de compostagem, ambos produzindo compostos estabilizados e de qualidade para utilização agronômica.

Agradecimentos

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6922**: Carvão vegetal – Ensaios físicos – Determinação da massa específica – Densidade a granel. Rio de Janeiro: ABNT, 1981.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais**: eliminação e valorização. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

BRAGA, G. N. M. **Encontrando a relação C/N ideal na compostagem**. Na Sala com Gismonti: Assuntos sobre Agronomia, 2010. Disponível em: https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/12/encontrando-relacao-cn-ideal-na.html . Acesso em: 23 mai. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA/MAPA Nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 173, 2009.

CAMPBELL, S. **Manual de compostagem para hortas e jardins**: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico. São Paulo: Nobel, 1999.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

GUIDONI *et al*. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 44-51, jan/jun. 2013. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/3640/2617 . Acesso em: 23 mai. 2019.

KEENER, H. M.; DAS, K. Process control based on dynamic properties in composting: moisture and compaction considerations. **The Science of Composting**, Nova York, p. 116-125, 1996.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4. ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2004.

MORREL, J. L. *et al*. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. *In*: GASSER, J.K. **Composting of agricultural and other wastes**. London: Elsevier, 1985. p. 56-72.

SHARMA, V. K. *et al*. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: Review. **Energy Conversion and Management**, Amsterdam, v. 38, p. 453-478, mar. 1997.

TEIXEIRA, L. B. *et al*. **Processo de Compostagem, a Partir de Lixo Orgânico Urbano, em Leira Estática com Ventilação Natural**. Belém: Embrapa, 2004. (Circular Técnica, 33).

VALENTE, B. S. *et al*. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.

DESCRIÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CULTIVAR *SALIX X RUBENS* SCHRANK

Janaína Beatriz Toniello Vieira[1], Martha Andreia Brand [2], Taíse Mariano Rodrigues[3], Júlio Peretti da Silva[4], Guilherme Galeski[5]

[1]*Graduanda em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil - beatriztoniello@gmail.com*

[2] *Engª Florestal, Drª,Depto de Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*

[3]*Engª de Produção, Mestranda no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*

[4]*Engº Florestal, Mestrando no programa de pós-graduação em Eng. Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*

[5]*Graduando em Engenharia Florestal, UDESC, Lages, SC, Brasil*

Resumo

O Vime é oriundo de algumas espécies de Salix, sendo o principalmente do hibrido Salix x rubens, proveniente do cruzamento de Salix alba e Salix fragilis. Em Santa Catarina, há uma grande produção de vime destinado ao artesanato, mas em relação à matéria-prima e aos produtos, a tecnologia e estudos envolvidos no processo produtivo é pequena, o conhecimento da matéria-prima é insipiente e a diversificação do uso do vime é limitada. Este estudo tem como objetivo descrever algumas propriedades mecânicas, visando a melhoria do processo produtivo atual. O material utilizado foi separado conforme as partes da planta, sendo divididos em: vime, miolo 1, miolo 2, miolo 3, miolo 4, rejeito e a casquinha. Foi analisado enrolamento, torção e tração. Os resultados demonstraram que o miolo 1 é o mais frágil ao enrolamento enquanto a casquinha se destaca nesta propriedade. Quanto a torção e tração, o material com melhor comportamento foi a casquinha. Para estas duas propriedades a resistência do material seco foi muito próximo do material umedecido.

Palavras-chave. Tração. Torção. Enrolamento.

Introdução

As espécies de *Salix,* especialmente o hibrído *Salix x rubens,* vem ganhando espaço de cultivo no Brasil, no vale do Rio Canoas, região da Serra Catarinense (MOURA,2002). Popularmente conhecido como Vime*, o Salix x rubens,* tem sido destinado para produção de artesanato, devido as suas características físicas e mecânicas. Segundo Vargas (2011), cultivo do Salix na região do vale do Rio Canoas apresenta grande relevância social, econômica e ambiental. Na medida em que a atividade ganha importância, firmaram-se também parcerias entre vários atores da sociedade. Apesar de já terem sido realizados alguns estudos sobre espécies de vime no Brasil, ainda há muito a ser pesquisado, os agricultores e os artesãos dependem do resultado de trabalhos como este para melhorar suas condições de vida e produção. O objetivo deste trabalho foi descrever algumas propriedades mecânicas, visando a melhoria do processo produtivo atual.

Material e Métodos

Para a descrição do material, foram utilizados fitas e vime de cinco coletas realizadas em épocas de colheita diferentes, tendo o material 1 ano de idade. O material foi fornecido pela EPAGRI e é oriundo da cidade de Bocaina do Sul, SC. Os materiais foram testados com 12% de teor de umidade e no estado saturado. Os materiais descritos na tabela 1 são: o vime que é o ramo do vimeiro, a casquinha é a fita da primeira camada abaixo da casca do vime, miolo 1, a segunda camada, o miolo 2 é a terceira camada e o miolo 3 é a quarta camada abaixo da casca do vime

Tabela 1 – Descrição do material utilizado para a caracterização tecnológica do vime produzido na região serrana sul de Santa Catarina

Número da amostra	**Composição da amostra**					
1	Vime	Casquinha 1	1 Miolo 1	1 Miolo 2	1 Miolo 3	Rejeito
2	Vime	Casquinha 2	2 Miolo 1	2 Miolo 2	2 Miolo 3	Rejeito
3	Vime	Casquinha 3	3 Miolo 1	3 Miolo 2	3 Miolo 3	Rejeito
4	Vime	Casquinha 4	-	4 Miolo 2	4 Miolo 3	Rejeito
5	Vime	Casquinha 5	5 Miolo 1	5 Miolo 2	-	Rejeito
Salix x rubens	Vime					
Salix viminalis	Vime					

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

As propriedades mecânicas testadas para o vime foram: teste de enrolamento, torção e tração. O teste de enrolamento foi desenvolvido no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Planalto Catarinense, não sendo baseado em uma norma pré-existente. Para o teste de enrolamento foi confeccionado um cone metálico, com dimensão partindo de 5,5 cm de diâmetro até 1,5 cm. Este foi dividido em cinco partes, sendo a primeira seção compreendendo 5,5 cm a 5,0 cm de diâmetro; a segunda de 5,0 a 4,0 cm de diâmetro; terceira de 4,0 a 3,0 cm, quarta de 3,0 a 2,0 cm e a última de 2,0 a 1,5 cm de diâmetro. O teste consistiu em enrolar os corpos de prova (fitas ou vime) no cone até que ocorresse um dos seguintes defeitos: lascamento, quebra ou fissuras nos corpos de prova.

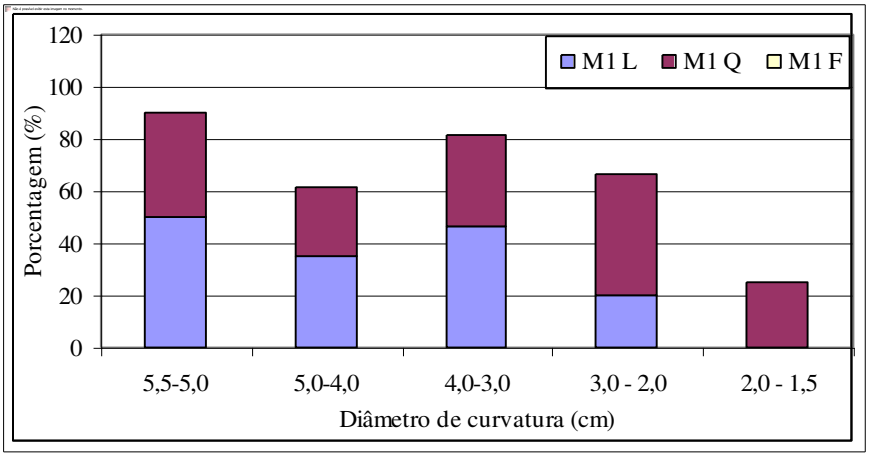
O teste de torção consistiu em testar fitas com 15 cm de comprimento, sendo que a largura e espessura de cada fita foram informadas ao software da máquina universal de ensaios para o cálculo da tensão (kgf/cm²). Estas fitas eram fixadas a uma garra que proporcionava uma rotação de 180º, sendo após realizado o teste a uma velocidade constante de 6 mm/minuto. O teste de tração foi realizado também em fitas de 15 cm, sob força de tração, em máquina universal de ensaios, sob velocidade constante de 6 mm/minuto. Para estes dois últimos ensaios foi utilizada como base a norma NBR 7190, que trata de ensaios para a análise de estruturas de madeira, sendo feitas as adaptações necessárias para a análise das fitas de vime, conforme Vargas (2011).

Para algumas propriedades foram utilizadas as médias obtidas das cinco amostras e em outros casos realizou-se a comparação entre as partes do vime (casquinha, miolo e vime).

Resultados e discussão

Os resultados obtidos para esta análise de resistência ao enrolamento são apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

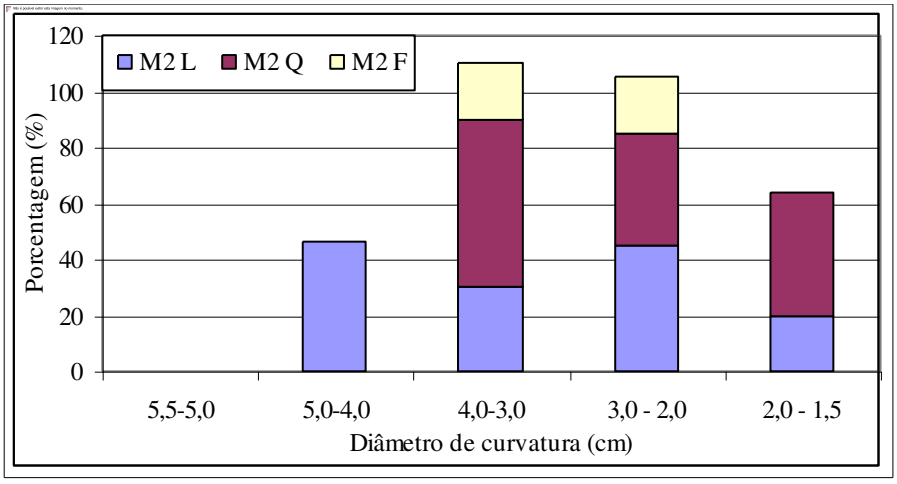
Figura 1 – Resistência ao enrolamento de miolo 1, com 12% de umidade, em diferentes diâmetros do cone de teste.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Legenda: L: Lascamento, Q: Quebra, F: Fissura.

Através da Figura 1, pode-se perceber que em diâmetros maiores de enrolamento a proporção de quebra (Q) é menor que a proporção de lascamento das fitas (L), diminuindo com a redução do diâmetro de enrolamento, sendo que o lascamento aumenta com o diâmetro de enrolamento. Neste material, com 12% de umidade, não ocorre fissuras (F) nas fitas.

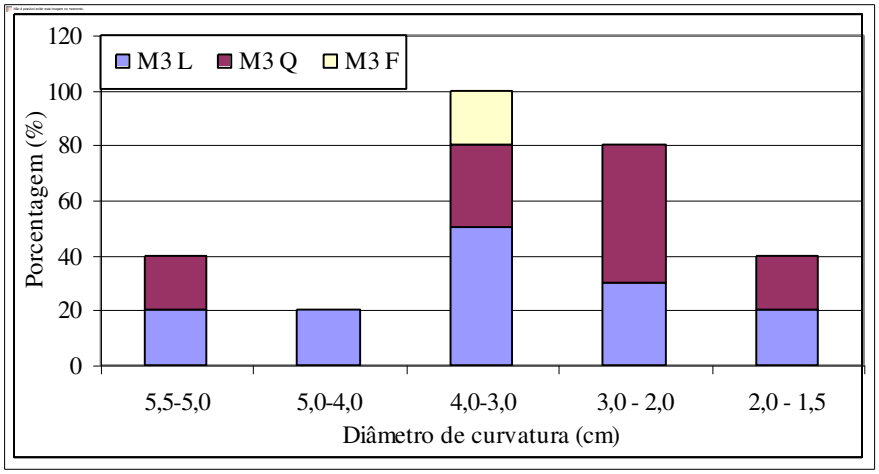
Figura 2 - Resistência ao enrolamento de miolo 2, de material com 12% de umidade, em diferentes diâmetros do cone de teste.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Legenda: L: Lascamento, Q: Quebra, F: Fissura

O miolo 2 já apresenta maior proporção de defeitos em diâmetros menores, apresentando fissuras, diferentemente do miolo 1.

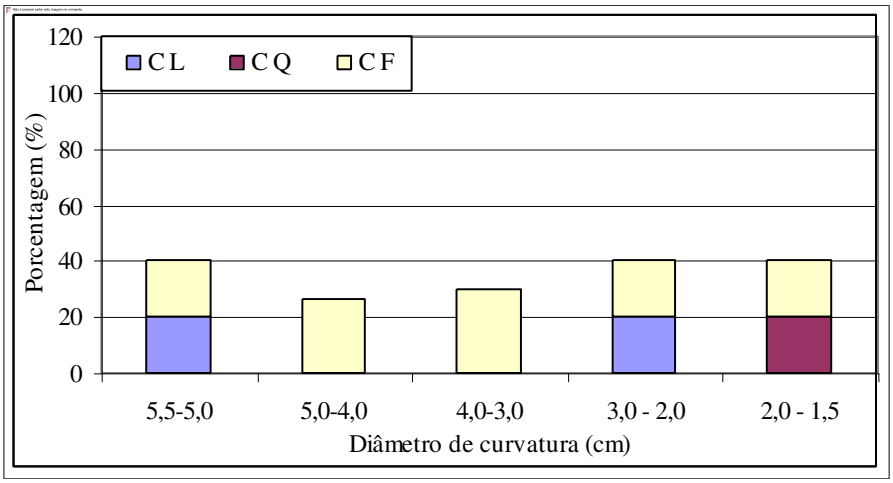
Figura 3 - Resistência ao enrolamento de miolo 3, de material com 12% de umidade, em diferentes diâmetros do cone de teste



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Legenda: L: Lascamento, Q: Quebra, F: Fissura

Tanto para o miolo 2, quanto para o miolo 3, o diâmetro crítico de enrolamento é entre 3,0 e 4,0 cm, ocorrendo neste diâmetro inclusive fissuras. A proporção de quebra e lascamento é inversamente proporcional ao diâmetro de enrolamento, a partir de 4 cm de diâmetro.

Figura 4 - Resistência ao enrolamento da casquinha, de material com 12% de umidade, em diferentes diâmetros do cone de teste.

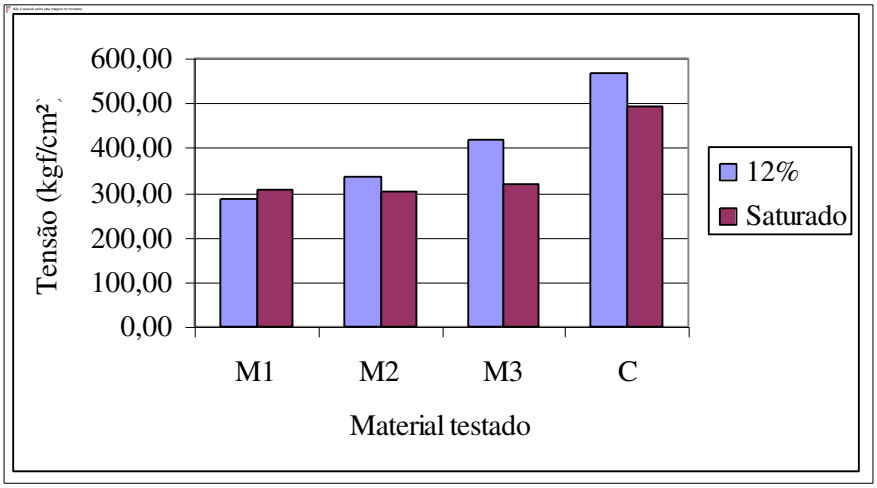


Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Legenda: L: Lascamento, Q: Quebra, F: Fissura

A casquinha é o material mais resistente ao enrolamento, sendo que no teor de umidade de 12%, ocorre em maior proporção somente o defeito de fissuras, com pequena proporção de quebra e lascamento.

Os resultados dos testes de toção são apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Resistência a torção de fitas de vime em diferentes teores de umidade

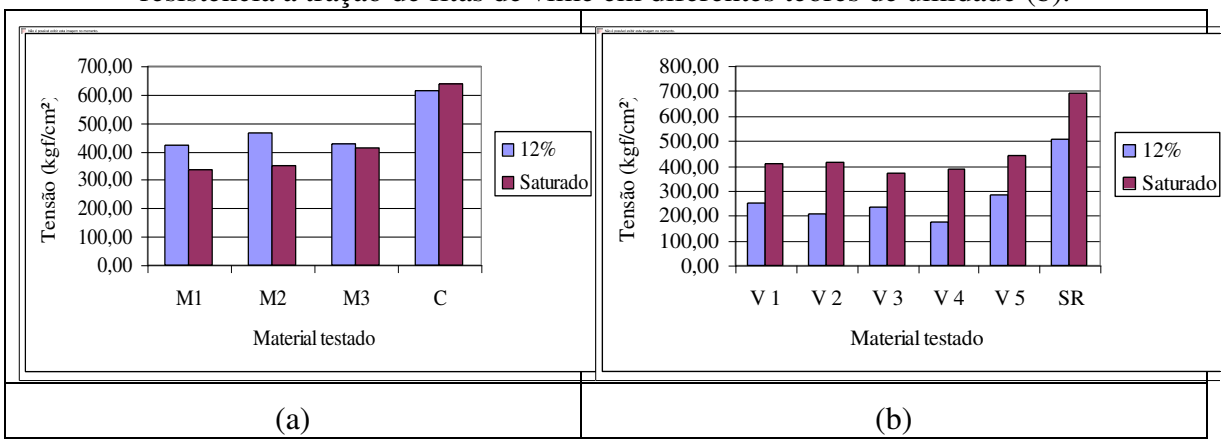


Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A maior tensão obtida foi na casquinha, que pode ser explicada pela constituição anatômica mais equilibrada desta região. Conforme esperado, a resistência do material seco é maior para a maioria dos materiais, com exceção para o miolo 1.

Os resultados do teste de tração são apresentados na Figura 6.

Figura 6- Resistência a tração de fitas de vime em diferentes teores de umidade (a) e resistência a tração de fitas de vime em diferentes teores de umidade (b).



(a) (b)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Para a propriedade de tração, novamente o material mais resistente é a casquinha, porém neste material a resistência saturada foi maior que a seca, comportamento oposto ao esperado. Este comportamento pode ter ocorrido em função da idade do material testado, entre 1 e dois anos. Nesta fase, a madeira é juvenil e o material ainda tem a presença da medula com muito tecido parenquimático. Além disso, a orientação microfibrilar das camadas da parede da célula ainda não está com a direção angular bem definida, como também o comprimento das células e espessura da parede celular são menores que o da madeira quando adulta. Estas variáveis contribuem para variações não esperadas de resistência mecânica do material. Para a tração testada em vime os resultados são apresentados na Figura 7.

Quando o teste foi feito no vime sem ser transformado em fitas a resistência à tração aumentou significativa para o material saturado. A explicação para isso é a mesma da discussão realizada para as fitas de vime.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que no teste de enrolamento, o material mais frágil para o manuseio em curvatura é o miolo 1, e o material com melhor comportamento é a casquinha. Os defeitos mais frequentes são a quebra e lascamento para miolo, enquanto que para casquinha são as fissuras. Quanto a torção e tração, o material com melhor comportamento foi a casquinha. Houve grande variação na resistência somente para o teste realizado no vime, onde a resistência no material úmido foi bem superior ao seco.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

EPAGRI (2006) Sistema para a produção de vime. Florianópolis, 40p.

MOURA, V. P. S. (2002) Introdução de novas espécies de Salix (Salicaceae) no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil. Embrapa. Comunicado Técnico 71. Brasília, DF.

VARGAS, Carlos Alberto (2011). Adaptação da norma NBR 7190 para avaliação de espécies de Salix (Vime) visando à utilização em artesanato. Dissertação para o título de mestre em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Estudo da adsorção do corante sintético Remazol Vermelho sobre a biomassa da cana-de-açúcar

Victor Lorejan Pinto[1], Pedro Renato Anizelli[2]

[1]*Estudante de química pelo Instituto Federal do Paraná/Campus Jacarezinho, Jacarezinho, Paraná, Brasil, vitu.lorejan@gmail.com.*

[2]*Docente do Instituto Federal do Paraná/Campus Jacarezinho.*

Resumo

O Brasil é o país que mais produz cana-de-açúcar no mundo. Consequentemente, são geradas toneladas de resíduos em todo o ano. Dentre esses resíduos, o bagaço de cana é o mais comum. Ele é amplamente utilizado para geração de energia, mas também possui outros usos alternativos, como na adsorção de espécies químicas poluentes aos recursos hídricos advindas de rejeitos industriais. Neste contexto, os corantes sintéticos, em especial o Remazol Vermelho, utilizado em indústrias têxteis, principalmente, vem sido estudado em processos de adsorção. Para verificar a viabilidade do processo, são aplicadas as isotermas de adsorção, como a de Freundlich e Langmuir. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é utilizar um resíduo da biomassa da cana-de-açúcar como biossorvente no processo de adsorção do corante sintético Remazol Vermelho, ajustando às isotermas de Freundlich e Langmuir. O bagaço de cana foi cedido pela indústria sucroalcooleira local. O material foi tratado e armazenado em condições adequadas. Analisou-se o Ponto de Carga Zero (PCZ) do biossorvente pelo método dos onze pontos, obtendo-se o PCZ_{pH} igual a seis. Sabendo que o Remazol Vermelho é aniônico, a adsorção ocorrerá melhor em valores de pH mais ácidos. O Teste de Adsorção foi realizado em pH 2,00, variando as massas do biossorvente em 0,025g, 0,050g, 0,100g, 0,150g, 0,200g e 0,250g. O material foi agitado em 180 rpm e a leitura do sobrenadante foi realizado no comprimento de onda de 518 nm. A isoterma melhor ajustada foi de Freundlich, com R^2 de 0,9904, desta forma, a superfície do material pode ser classificada como heterogênea e com diferentes energias nos sítios de ligações. Pelos parâmetros de Freundlich, a adsorção tende a ser favorável (n = 1,21) e a interação do adsorvente com a solução é baixa (0,827).

Palavras-chave. Biomassa. Bagaço de cana. Remazol Vermelho. Adsorção. Isotermas.

Introdução

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. A safra de 2017/2018 relevou a produção de 635.595,7 milhões de toneladas. O estado do Paraná ocupa a quarta posição nesta participação. Os maiores interesses econômicos da produção cana é o etanol e o açúcar (IBGE, 2017). Nestes processos, geram-se grandes quantidades de resíduos agroindustriais,

dentre eles, encontra-se o bagaço de cana. Estima-se que para cada tonelada da planta são produzidos 280 kg de bagaço (CRUZ, 2008). É comum utilizar-se do bagaço de cana para a geração de energia (PINHEIRO, 2015), porém há estudos que apresentam o seu uso como biossorvente de espécies químicas potencialmente poluentes para os recursos hídricos (FILHO, 2011).

O corante sintético é um grupo preocupante nesta conjuntura, sendo o azocorante o mais representativo. Ele é emprego na indústria têxtil (KUNZ, et al. 2002), pela indústria de cosméticos, farmacêutica e alimentícia (MAGDALENA, 2010). O corante Remazol Vermelho ($C_{25}H_{15}N_7O_{16}S_5Na_4Cl$), com massa molecular 984,82 g. mol^{-1} e absorbância máxima entre 514 a 518 nm é um dos exemplos. Ele é classificado como aniônico e pode estar associado por afetar negativamente as atividades fotossintéticas de seres produtores aquáticos, além de ser tóxico a diversos tipos peixes (MAGDALENA, 2010). Segundo a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, a presença de corantes advindos de fontes antrópicas deve constar como virtualmente ausente nos recursos hídricos (CONAMA, 2005). Desta forma, o uso de biomassas, como o bagaço de cana, para a adsorção de corantes sintéticos é uma excelente alternativa para o tratamento de rejeitos industriais.

A adsorção consiste em uma operação de transferência de massas, na qual certas espécies químicas (adsorbato) concentram-se nas superfícies externas de determinados materiais (adsorvente ou biossorvente, caso o material tem origem viva), separando-as dos fluidos. Quanto maior a superfície externa do adsorvente por unidade de massa sólida, mais favorável tende a ser a adsorção. A determinação do equilíbrio de adsorção pelas isotermas é fundamental para verificar a viabilidade do processo. As isotermas mais conhecidas são de Freundlich e Langmuir (DO NASCIMENTO, et al., 2014).

O objetivo deste trabalho, portanto, é utilizar um resíduo da biomassa da cana-de-açúcar como biossorvente no processo de adsorção do corante sintético Remazol Vermelho, ajustando às isotermas de Freundlich e Langmuir.

Material e Métodos

O bagaço de cana, cedido pela Usina de Açúcar e Álcool de Jacarezinho, Paraná foi preparado e armazenado em condições desejadas. Para a análise do Ponto de Carga Zero (PCZ), pesou-se 0,0500 g do bagaço de cana em um erlenmeyer com 100 mL de água deionizada, ajustando-o ao pH de 2 a 12, como determina o método dos onze pontos (MIMURA, et al., 2010). As amostrar foram submetidas à agitação constante em 180 rpm na temperatura ambiente. Após o tempo de equilíbrio, verificou-se o valor do pH final.

A fim de obter as isotermas de adsorção de Freundlich e Langmuir, adicionou-se 50 mL da solução de corante sintético Remazol Vermelho de concentração 1,098. 10^{-5} mol. L^{-1} em erlenmeyers com massas de 0,025g, 0,050g, 0,100g, 0,150g, 0,200g e 0,250g do bagaço de cana. Em seguida, as amostras foram ajustadas ao valor de pH 2,00 e submetidas nas mesmas condições realizadas na análise de PCZ. Após isso, retirou-se uma alíquota do sobrenadante para a leitura no espectrofotômetro com o comprimento de onde de 518 nm (MAGDALENA, 2010). Por meio de cálculos matemáticos, obteve-se a relação do corante adsorvido por

unidade de biossorvente e a concentração do corante não adsorvido no equilíbrio (BARROS, et al., 2010).

A partir dos dados obtidos de adsorção foram ajustados aos modelos de Freundlich e Langmuir (DO NASCIMENTO, et al., 2014). As equações dos modelos, segundo Moussavi et al. (2009), podem ser vistas a seguir:

Equação de Langmuir: $\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{bq_{máx}} + \frac{Ce}{q_{máx}}$

Equação de Freundlich: $\ln qe = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e$

Onde,

1/n: constante relacionada à heterogeneidade da superfície;

Ce: concentração do adsorvato em solução, no equilíbrio ($mg.L^{-1}$);

K_F: constante de capacidade de adsorção de Freundlich ($mg^{1-(1/n)}$ (g^{-1}) $L^{1/n}$);

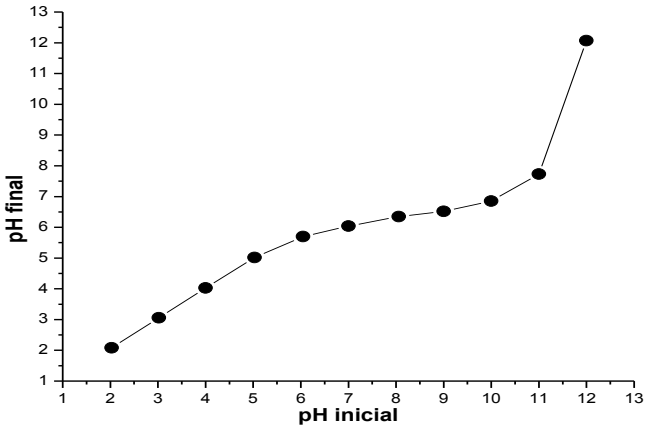
qe: quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio ($mg.g^{-1}$);

q_{max}: capacidade máxima de adsorção ($mg\ g^{-1}$).

Resultados e discussão

O Ponto de Carga Zero (PCZ) do biossorvente pode ser observado pelo Gráfico 1.

Gráfico 1. Ponto de Carga Zero do bagaço de cana.



Fonte: Os autores (2018).

O Ponto de Carga Zero (PCZ), pela variação do pH, é um parâmetro importante para verificar as cargas variáveis do material. Ao determinar o pH_{PCZ} do bagaço, pode-se obter o seu ponto isoelétrico, ou seja, o valor de pH na qual o número de radicais com carga positiva é igual ao número de radicais com carga negativa. O ponto isoelétrico do material se encontra próximo ao valor em que ocorre pequena variação no gráfico de pH final em função do pH inicial, e como pode ser observado o valor do pH_{PCZ} é igual a seis. Com esse resultado pode-se dizer que valores abaixo do pH_{PCZ} apresentam predominância de carga superficial positiva e valores acima apresentam predominância de carga superficial negativa. O corante sintético Remazol Vermelho é conhecido pelo seu caráter aniônico (MAGDALENA, 2010; OLIVEIRA, 2009a), sendo assim, ele tem maior afinidade com cargas positivas pelo efeito

isoelétrico. Logo, regiões de pH abaixo do pH_{PCZ} do bagaço são as mais indicadas para o processo de adsorção, o que justifica o estudo de isotermas em pH ácido.

Os resultados alcançados pelo teste de adsorção foram ajustados aos modelos das isotermas de Freundlich e Langmuir e podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados experimentais para o ajuste nas isotermas de adsorção com pH fixo de 2,0.

Parâmetro / Massa (g)	0,025	0,050	0,100	0,150	0,200
Qe	5,61	4,63	3,36	2,62	2,08
Ce	8,00	6,18	4,09	2,97	2,50
Ce/qe	1,43	1,34	1,22	1,13	1,20
ln qe	1,72	1,53	1,21	0,96	0,73
ln Ce	2,08	1,82	1,41	1,09	0,91

Fonte: Os autores (2018).

A Tabela 2 releva os coeficientes de correlação em função dos modelos das isotermas de adsorção.

Tabela 2. Coeficientes de correlação dos modelos de isotermas de adsorção estudados.

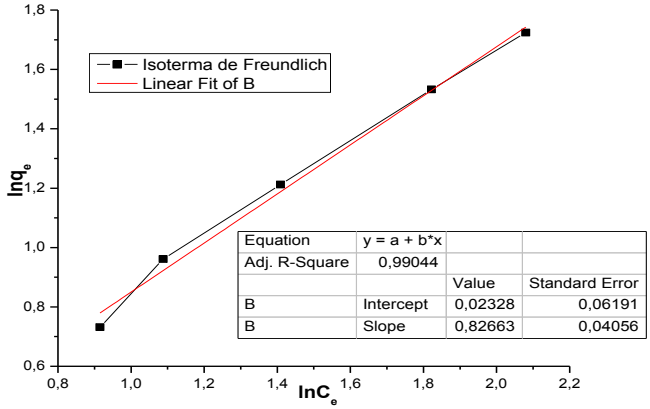
Modelos de Isotermas de Adsorção	Coeficientes de correlação (R^2)
Isoterma de Freundlich	0,9904
Isoterma de Langmuir	0,8976

Fonte: Os autores (2019).

A isoterma de Langmuir define que a remoção do adsorbato na fase aquosa ocorre em uma superfície homogênea com sítios de energia uniforme por adsorção em monocamada. Já pelo modelo de Freundlich é possível pressupor que a superfície do material é heterogênea e com uma distribuição exponencial de sítios ativos, isto é, a energia de adsorção decresce logaritmicamente à medida que a superfície do biossorvente vai se tornando coberta pelo corante (DO NASCIMENTO et al., 2014; GODINHO, 2011).

A partir dos coeficientes de correlação das isotermas aplicadas, é possível observar que o modelo melhor ajustado foi de Freundlich. O Gráfico 2 demonstra este ajuste.

Gráfico 2. Modelo da isoterma de Freundlich.



Fonte: Os autores (2019).

A equação da reta e os parâmetros do modelo de Freundlich podem ser analisados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetro da isoterma ajustada aos valores experimentais.

Modelo	Parâmetro	Dado
Freundlich	Equação da reta	$\ln q_e = 0{,}82663 . \ln C_e + 0{,}02328$
	K_F ((mg g^{-1})(L mg^{-1})$^{1/n}$)	1,024
	1/n	$8{,}27 . 10^{-1}$
	n	1,21

Fonte: Os autores (2019).

Para que a adsorção seja favorável, a constante de Freundlich (n) deve estar entre 1 a 10. Quanto maior o valor de n mais forte é a interação entre o adsorvato e o adsorvente. Sabe-se também que quando o valor de 1/n for igual a 1, a adsorção é linear, isso significa que as energias são iguais para todos os sítios de adsorção, mas, quando o valor de 1/n for menor que a unidade, o adsorvente tende-se a possuir baixa afinidade pelo solvente em questão (DO NASCIMENTO et al., 2014). No presente trabalho, encontraram-se os valores de 1,21 e 0,827 para n e 1/n, respectivamente. Desta forma, a adsorção para este experimento tende a ser favorável e a interação entre o adsorvente e o solvente é baixa.

Oliveira (2016b), estudando a adsorção do corante Azul de Metileno sobre diversas biomassas a temperatura ambiente, verificou que a fibra de coco verde *in natura* e a casca de laranja *in natura* também foram ajustadas ao modelo de Freundlich, com valores de R^2 iguais a 0,9535 e 0,9823, n iguais a 0,1892 e 0,7905 e 1/n iguais a 5,267 e 1,265, respectivamente. O mesmo modelo também foi ajustado no trabalho de Silva et al., (2010) com o R^2 igual a 0,9984. Os autores utilizaram como biossorvente o pseudocaule da bananeira *Musa sp in natura* para adsorver o corante Azul de Remazol R, obtendo-se o valor de n igual a 1,57. Já no trabalho de Honorio (2013), utilizou-se a casca de soja *in natura* para a remoção dos corantes reativos Crimson Sidercron HEXL e Azul BF-5G. O modelo mais bem ajustado para este experimento foi de Langmuir, com os coeficientes de 0,8343 e 0,9312 para o corante Crimson Sidercron HEXL e Azul BF-5G, respectivamente.

Conclusões

Dado o exposto, foi possível verificar a adsorção do corante sintético Remazol Vermelho sobre o resíduo da biomassa de cana-de-açúcar. O PCZ do biossorvente é próximo a seis e a melhor adsorção ocorreu em valores de pH mais ácidos devido ao caráter aniônico do corante. A isoterma de adsorção de Freundlich foi a de melhor ajuste, com R^2 de 0,9904, desta forma, a superfície do material é classificada como heterogênea e com diferentes energias nos sítios de ligações. A adsorção tende a ser favorável (n = 1,21) e a interação do adsorvente com o solvente é baixa (0,827).

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo fomento e ao IFPR – Jacarezinho.

Referências Bibliográficas

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. (2010) **Como fazer experimentos**: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Porto Alegre: Bookman,. 413 p.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CRUZ, S. H. (2008) Bagaço e palha da cana são fontes de celulose para gerar álcool. **Revista Visão Agrícola**, nº 8, p. 13 -14, jan/jun.

DO NASCIMENTO, R. F et al. (2014) **Adsorção**: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 256p.

FILHO, L. P. (2011) Aplicações sustentáveis de biomassa: novas perspectivas. **Revista da Unifebe**, p. 100 – 109, jan/jun.

GODINHO, A. L. de P. (2011) **Aproveitamento de rejeito agroindustrial como adsorvente de contaminante orgânico**. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017) **A Geografia da cana-de-açúcar**. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE. 236 p.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. (2002) Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química nova**. 25: 78.

MAGDALENA, C. P. (2010) Adsorção de corante reativo remazol vermelho RB de solução aquosa usando zeólita de cinzas de carvão e avalição da toxicidade aguda com *Daphnia Similis*. 2010. 141p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) - Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MIMURA, Aparecida Maria Simões et al (2010) **Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu^{2+}, Al^{3+}, Ni^{2+} e Zn^{2+}.** Química Nova, v. 33, n. 6, p. 1279-1284.

MOUSSAVI, G.; KHOSRAVI, R. (2010) **Removal of cyanide from wastewater by adsorption onto pistachio hull wastes**: Parametric experiments, kinetics and equilibrium analysis. Journal of Hazardous Materials, v. 183, n. 1-3, p. 724-730.

OLIVEIRA, Cintia dos S. (2009a) **Estudo cinético e termodinâmico da interação de corantes aniônicos com escamas do peixe Piau (*Leporinus elongatus*)**. 90 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão.

PINHEIRO, J. C. (2015) Análise da dinâmica das áreas ocupadas pela cultura canavieira no Brasil entre 1990 e 2013: uma contribuição ao estudo do circuito espacial produtivo do setor sucroenergético**. Dissertação** (Mestrado em Química) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas.

OLIVEIRA, F. de O. (2016b) Resíduos agroindustriais como adsorventes para remoção de azul de metileno em meio aquoso. **Dissertação** (Mestrado em Química) – Unidade Acadêmica Especial de Química e Física, Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão.

SILVA, F. M da.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. dos S. (2010) **Adsorção do corante têxtil Azul de Remazol R por pseudocaule da bananeira (*Musa sp*).** São Luís, v. 17, n. 3, set/dez. 2010.

HONORIO, J. F. (2013) Emprego da casca de soja como adsorvente na remoção de corantes reativos têxteis. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Toledo.

ESTUDO CINÉTICO NA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO SOBRE O BIOSSORVENTE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Pedro R. Anizelli[1], Nicoly Silva Ferraz Viana[2], Rebeca Vilas Boas da Silva [3]

[1] *Docente do Instituto Federal do Paraná/Campus Jacarezinho. e-mail: pedro.anizelli@ifpr.edu.br*

[2-3]*Estudante do curso técnico em alimentos – IFPR/Campus Jacarezinho*

Resumo

Os corantes são utilizados em diferentes indústrias, como têxteis, de plásticos, borrachas, couro, cosméticos e papel, resultando numa intensa produção de efluentes com componentes altamente tóxicos e de sério impacto ambiental. Devido à maioria dos corantes ser de origem sintética apresentam em sua estrutura anéis aromáticos e grupamentos azo, não susceptíveis ao catabolismo oxidativo e como consequência de baixa biodegradabilidade. Portanto, são necessárias técnicas para remoção desses componentes dos efluentes industriais. Uma alternativa, para a remoção desses contaminantes, é a adsorção de corantes utilizados em alimentos ou em tecidos através de biomassa como o bagaço da cana-de-açúcar, que é um resíduo da indústria sucroalcooleira e pode ser utilizado na remoção de alguns corantes sintéticos como o azul de metileno. O intuito da adsorção destes compostos está na remoção dos corantes de efluentes para o correto descarte do mesmo no meio ambiente. A partir de algumas análises foi identificada a viabilidade na remoção do azul de metileno utilizando o bagaço da cana-de-açúcar, para o tratamento de efluentes de indústrias têxteis e alimentícia. Para o estudo de adsorção foram feitos analises do pH do ponto de carga zero (PCZ) e estudo cinético. Os resultados mostraram que através da cinética de adsorção o equilíbrio é atingindo em oito minutos e o melhor valor de pH, onde ocorre a máxima retenção do corante, é acima de seis, que é o valor do pH do ponto de carga zero.

Palavras-chave. *A*dsorção, azul de metileno e bagaço da cana-de-açúcar.

Introdução

O azul de metileno pode causar impactos ambientais caso seja descartado de maneira imprudente, pois esse corante é resistente à degradação e tóxico para vida aquática. Para inibir danos ao meio ambiente, técnicas de tratamento de efluentes como a adsorção utilizando materiais de baixo custo como biomassa são importantes (MAGDALENA, 2010).

A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande importância no agronegócio brasileiro, representando a indústria sucroalcooleira cerca de 2% das exportações nacionais, além de reunir 6% dos empregos agroindustriais brasileiros e contribuir de maneira efetiva para o crescimento do mercado interno de bens de consumo (OLIVA, 2017). Além disso, a cultura da cana-de-açúcar é de grande versatilidade, sendo utilizada desde a forma mais simples

como ração animal, até a mais nobre como o açúcar. Na cana nada se perde: do caldo obtêm-se o açúcar, a cachaça, o álcool, a rapadura e outros; do bagaço, o papel, a ração, o adubo ou o combustível; das folhas a cobertura morta ou ração animal. Assim, a agroindústria da cana-de-açúcar, direciona-se a integrar os sistemas de produção alimentar, não alimentar e energético, envolvendo atividades agrícolas e industriais, e ainda atua com vantagens comparativas em relação às outras matérias-primas, pelo fato de ser intensiva em mão-de-obra e o Brasil ter os menores custos de produção do mundo (ZACURA e PICCIRILLI, 2012). No entanto, outra aplicação para o bagaço da cana-de-açúcar está na adsorção de corantes sintéticos para um melhor aproveitamento deste material.

O intuito da Adsorção destes compostos está na remoção dos corantes de efluentes para o correto descarte do mesmo no meio ambiente. Ou seja, a partir de algumas análises identificaremos a remoção do corante e verificar a viabilidade do bagaço da cana-de-açúcar, para o tratamento de efluentes de indústrias têxteis e alimentícia.

Material e Métodos

O bagaço foi coletado na usina Dacalda no munícipio de Jacarezinho. O material foi lavado e cortado em pedaços de aproximadamente 1 cm. Posteriormente, foi seco a 60º C durante 48 horas e triturado em liquidificador. Após esse procedimento o material foi moído em um moinho de facas.

A análise de Ponto de Carga Zero (PCZ) do bagaço (Gráfico 1), parâmetro importante na adsorção, foi realizado através do método dos dez pontos (MIMURA e cols., 2010). Essa metodologia consiste em ajustar o pH inicial, com 50 mL de água destilada e 50 mg da biomassa nos seguintes valores: 2,00, 3,00, 4,00, 5,00, 6,00, 7,00, 8,00, 9,00, 10,00, 11,00. Após 24 horas de agitação mede-se o pH final, de cada ponto inicial e constrói-se o gráfico de pH final em função do pH inicial.

Para o estudo de cinética de adsorção foram realizados experimentos com 50 mL de solução de azul de metileno a $1{,}098 \times 10^{-5}$ M em pH 8,00. Foram medidas adsorções nos tempos 1,00, 2,00, 3,00, 4,00, 8,00, 16,00 e 30,00 minutos. A massa utilizada do biossorvente foi 0,200 g e cada teste de adsorção, em diferentes tempos, foi realizado em duplicata. O pH da solução foi ajustado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M.

Para o estudo cinético retirou-se uma alíquota do sobrenadante para a leitura em espectrofotometria com comprimento de onde de 665 nm. Por meio da curva de calibração e da equação da reta, obteve-se a concentração do corante não adsorvido no equilíbrio no sobrenadante (BARROS e cols, 2010), sendo que a quantidade adsorvida é dada pela expressão:

$$\text{Corante adsorvido} = [\text{Azul de metileno}]_{\text{inicial}} - [\text{Azul de metileno}]_{\text{sobrenadante}}$$

onde $[\text{Remazol vermelho}]_{\text{inicial}}$ é a concentração do corante remazol vermelho inicial ($1{,}098 \times 10^{-5}$ M) e $[\text{Remazol vermelho}]_{\text{sobrenadante}}$ é a concentração do corante no sobrenadante após o teste de adsorção.

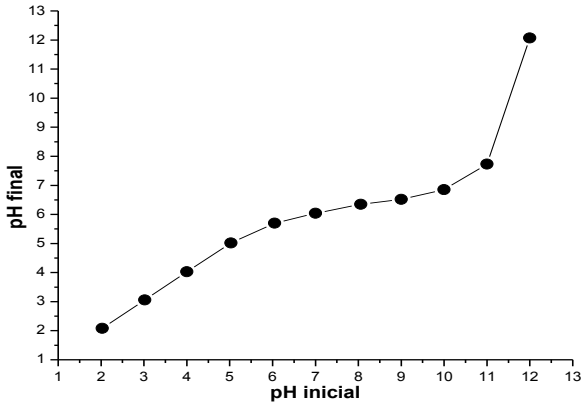
Resultados e discussão

pH do ponto de carga zero (PCZ)

O pH afeta a adsorção na medida em que determina o grau de distribuição de carga na superfície do material. A intensidade desse efeito pode ser maior ou menor conforme o adsorvente, uma vez que as cargas da superfície do adsorvente dependem da sua composição e das características da superfície. Um índice conveniente da tendência de uma superfície se tornar positiva ou negativamente carregada em função do pH, é o valor do mesmo requerido para que a carga líquida do adsorvente seja nula. Esse índice é o pH do PCZ (ponto de carga zero) valor em que a carga líquida na superfície do biossorvente é neutra. Se o teste de adsorção for realizado em pH acima do PCZ, a adsorção de moléculas presentes em solução na forma positiva, como o azul de metileno, será favorecida no pH, pois a distribuição de carga na superfície do biossorvente, é negativa. Moléculas com carga negativa, como o remazol vermelho, serão preferencialmente adsorvidas em valores de pH em que a superfície do material é positiva, portanto em valores de pH abaixo do PCZ (MIMURA e cols. 2010).

O patamar na região de pH caracteriza o efeito tampão da superfície, o qual foi considerado o PCZ do bagaço da cana de açúcar. O valor no gráfico de pH inicial em função do pH final em que esse parâmetro é constante caracteriza o pH do PCZ. Conforme o gráfico 1 o bagaço da cana possui um valor de pH do PCZ próximo a seis, portanto apresentará predominância de carga superficial positiva em pH abaixo do PCZ, e negativa acima desse valor.

Figura 1. Gráfico de pH final em função do pH inicial na determinação do PCZ do bagaço da cana-de-açúcar.



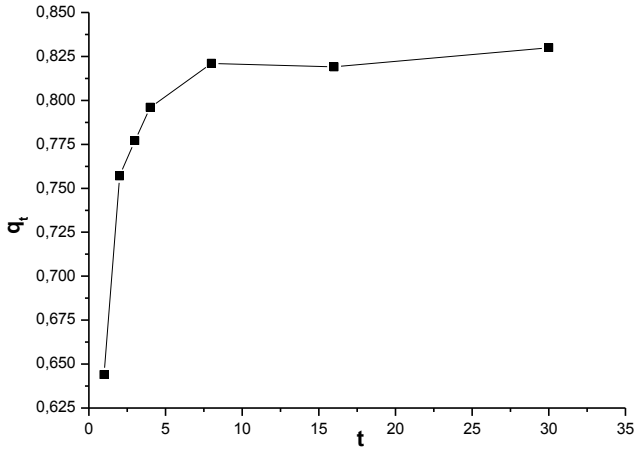
Fonte: Próprio autor

Estudo cinético

Para avaliar o mecanismo da adsorção foi realizado um estudo cinético (DO NASCIMENTO e cols., 2014) para o corante azul de metileno em pH 8,00. A Figura 2 é uma curva de adsorção dado em q_t ($mg.g^{-1}$) em função do tempo em minutos. Como pode ser observado o

equilíbrio ocorre no tempo de 8,00 minutos, pois a partir desse tempo a adsorção atinge seu máximo.

Figura 2: Curva de adsorção pelo tempo do azul de metileno em pH 8



Fonte: Próprio autor

A adsorção pode ocorrer por uma atração física (fissisorção), caracterizada por uma fraca interação, como a de Van der Waals, entre o adsorbato e o adsorvente, com energia na ordem de 20 kJ/mol. Ou pode ocorrer através de uma interação química (quimissorção), caracterizada por uma forte interação com energia na ordem de 200 kJ/mol (SORMOJAI, 1994).

O modelo de pseudo primeira-ordem se baseia na suposição que a etapa determinante na adsorção é uma fissisorção. A forma linear da equação que descreve esse modelo é a seguinte (DO NASCIMENTO e cols., 2014):

$$\log(q_e - q_t) = logq_e - \frac{k_1}{2{,}303}t$$

sendo k_1 é a constante de pseudo primeira-ordem, q_e a concentração de equilíbrio e q_t a concentração no tempo t. A equação é uma reta de $\log(q_e - q_t)$ em função de t.

O modelo de pseudo segunda-ordem se baseia na suposição que a etapa determinante da velocidade de adsorção é uma quimissorção, sendo descrito pela seguinte equação linear de t/q_t em função de t (DO NASCIMENTO e cols., 2014):

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e}t$$

Onde k_2 é a constante de pseudo segunda-ordem.

Uma boa correlação linear entre os dados experimentais aplicados a cada modelo revela qual é o mecanismo de adsorção do corante. Os resultados mostram que o modelo cinético de pseudo segunda-ordem se ajustam melhor aos dados experimentais de adsorção obtidos em diferentes tempos, pois o gráfico de t/q_t em função de t obteve o melhor coeficiente de correlação, e se aproxima de uma reta (Tabela 1). Portanto, o fator que controla a etapa determinante da velocidade é uma quimissorção (LIN e ZHAN, 2012 e YANG e cols, 2012).

Também, o modelo de pseudo segunda-ordem indica que o azul de metileno interage com a superfície da bimassa por dois sítios do material (DO NASCIMENTO e cols., 2014).

Tabela 1: parâmetros dos modelos cinéticos

Modelos cinéticos	R^2	k	q_e
Pseudo-primeira ordem	0,9999	4,939	0,837
Pseudo-primeira ordem	0,5982	-	-

Conclusões

Os resultados obtidos mostraram que o bagaço de cana pode ser utilizado como biomassa adsorvente, para a purificação dos efluentes contaminados com o corante azul de metileno, onde o melhor pH para a adsorção foi acima de 6,00 com o equilíbrio sendo atingido em 8,00 minutos. Outro aspecto importante é que o material usado, nas analises feitas, possui baixo custo, e sua utilização possui alta viabilidade e aplicabilidade nos tratamentos dos efluentes das indústrias têxteis e alimentícias, pois foi observado que cerca de 90 % do corante foi removido, nos testes de adsorção realizados em laboratório.

Agradecimentos

Ao instituto federal do Paraná/campus Jacarezinho e ao CNPq pela bolsa concedida a aluna Rebeca Vilas Boas da Silva, através do edital PROEPI/CNPq.

Referências Bibliográficas

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. (2010) **Como fazer experimentos**: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Bookman, Porto Alegre, 413 p.

DO NASCIMENTO, R. F.; DE LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. (2014); Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Imprensa Universitária, Fortaleza.

LIN, J.; ZHAN, Y. (2012); Adsorption of humic acid from aqueous solution onto unmodified and surfactant-modified chitosan/zeolite composites. *Chem. Eng. J.*, *200*, 202-213.

MAGDALENA, C. P. (2010) Adsorção de corante reativo remazol vermelho RB de solução aquosa usando zeólita de cinzas de carvão e avalição da toxicidade aguda com *Daphnia Similis*. 2010. 141p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) - Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MIMURA, A. M. S.; VIEIRA, T. C. A.; MARTELLI. P. B.; GORGULHO, H. F. (2010); Aplicação da casca de arroz na adsorção de íons Cu^{+2}, Al^{+3}, Ni^{+2} e Zn^{+2}. *Quim. Nova*, 33, 1278-1284.

OLIVA, F. C. (2017); Avaliação financeira do setor sucroalcooleiro depois do boom. *Revista de políticas agrícolas*, 26 (1), 49-64.

SOMORJAI, G. A (1994).*; Introduction to surface chemistry and catalysis*. John Wiley & Sons, New York, NY.

YANG, W.; LU, Y.; ZHENG, F.; XUE, X.; LI, N.; LIU, D. (2012); Adsorption behavior and mechanisms of norfloxacin onto porous resins and carbon nanotube. *Chem. Eng. J.*, *179*, 112-118.

ZACURA, G.; PICCIRILLI, J. P. (2012); O processo de fabricação do açúcar e álcool – Desde a lavoura da Cana até o produto acabado, 1º ed. Editora Viena, Santa Cruz do Rio Pardo.

Estudo da cinética e isoterma de adsorção do material hidrofílico aplicado ao biodiesel proveniente do efluente de abatedouro de aves

Fabiana de Marqui Mantovan[1*], Guilherme Felipe Lenz[1], Helton José Alvez[1], Fabiano Bisinella Scheufele[2], Maria Cristina Milinsk[1]

[1]*Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Departamento Engenharia e Exatas. Rua Pioneiro, 2153 - Jardim Dallas. CEP: 85950-000, Palotina – PR. *Contato: fabiana.maqui22@gmail.com*

[2]*Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Toledo. Rua Cristo Rei, 19 – Vila Becker. CEP: 85950-000, Toledo – PR.*

Resumo

A busca por reutilização de resíduos agroindustriais e a preocupação em diminuir os impactos ambientais gerados por eles favorecem o avanço do desenvolvimento sustentável e a busca de novas rotas energéticas viáveis. O problema encontrado no uso destes materiais refere-se a presença de contaminantes que podem interferir na composição e na aplicação como matéria prima para produção de biocombustíveis, uma vez que afetam diretamente na sua qualidade e o processo de combustão. Assim, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação do óleo proveniente do tratamento de efluente do frigorífico de aves como matéria prima para a produção de biodiesel, bem como, aplicar um material hidrofóbico (MH) no biodiesel a fim de reter contaminantes presentes, como a água. Efetuou-se a coleta de uma amostra de óleo de lodo em uma agroindústria de aves da região Oeste do Paraná, sendo aquecido à 70 ºC com posterior filtração para remoção de particulados. Em seguida, preparou-se uma blenda contendo 5% m/m do óleo de lodo em óleo de soja comercial para a reação de transesterificação à 65ºC utilizando metanol e NaOH como catalisador. Após, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação e lavada com porções de água para ocorrer a separação das fases. Com o biodiesel, foram avaliadas as seguintes condições: 0,5;1 e 1,5 %m/m (MH/biodiesel) e tempos de contato: 1, 2, 4, 6, 8, 12 e 24 horas (sob agitação de 150 rpm à temperatura ambiente). Repetiu-se o mesmo sem a adição do MH para comparação (controle). Após cada tempo de contato, as amostras foram centrifugadas para retirada dos particulados do MH e o biodiesel resultante submetido a análise de teor de água pelo método Karl Fischer e densidade por densímetro. A densidade não apresentou diferença entre os experimentos realizados. No entanto, observou-se uma redução no teor de água das amostras em contato com o MH comparadas com o controle: redução de 58,54% com 8hrs, 62,79% com 6 hrs e 42,97% com 4 hrs, nas proporções de 0,5; 1 e 1,5% m/m, respectivamente. Desta maneira, observou-se que, quanto maior a massa de adsorvato, maior a remoção de água em um menor tempo de contato. Além disso, os melhores resultados de capacidade de adsorção nos percentuais 0,5; 1 e 1,5%m/m foram 480, 270 e 75,5 mg_{H_2O}/m_{ads} nos tempos de 8, 6 e 4hrs, respectivamente. Essa capacidade máxima observada foi de encontro com as máximas adsorções encontradas no material, sendo possível delinear uma faixa de operação ótima do material próxima à 6 hrs de contato, ponto onde possivelmente ocorreu a saturação do MH. Os dados obtidos mostraram que utilizar adsorventes com afinidade aos contaminantes presente no biodiesel, em especial, a água, pode ser uma alternativa viável para a remoção destes, contribuir com a qualidade do produto final de acordo com as normas da ANP e viabilizar o aumento na proporção do biodiesel inserido ao diesel convencional.

Palavras-chave. Efluente de abatedouro. Transesterificação. Biodiesel. Cinética. Isoterma.

GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE LINHAÇA EM FUNÇÃO DA SALINIDADE

Chaiane Bassegio[1*], Reginaldo Ferreira Santos[1], Maritane Prior[1], Bruna de Villa[1], Leonardo da Silva Reis[1], Doglas Bassegio[1]

[1] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel – PR*

Resumo

O óleo de linhaça pode ser uma importante fonte de energia a partir de biomassa, no entanto, o cultivo sob condições salinas pode afetar o crescimento da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e o crescimento inicial da linhaça submetida a níveis de salinidade. O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel. Foram utilizados níveis de salinidade (NaCl) de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dS m^{-1}, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram a germinação no terceiro e sétimo dia, comprimento de parte aérea, comprimento da raíz e massa seca da parte aérea e raiz. Níveis de salinidade elevados reduziram o comprimento aéreo da plântula, o comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea. A salinidade proporcionou redução de 58% do comprimento da raiz. No entanto, a germinação no terceiro e sétimo dia e a massa seca da raiz não foram afetadas.

Palavras-chave. *Linum usitatissimum* L.. cloreto de sódio. Oleoginosa.

Introdução

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é uma cultura agrícola oleaginosa, cultivada comercialmente por sua semente, que é processada em óleo e ração ricos em proteína, bem como a fibra do caule que são feitos linho e outros panos (El-NAGDY et al., 2010).

Para a germinação e crescimento inicial das plantas é necessário que existam condições favoráveis de luz, temperatura e disponibilidade de água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), no entanto condições inadequadas podem resultar em estresses na planta, como em solos salinos. Esses solos são encontrados em zonas áridas e semiáridas, onde a evaporação é superior à precipitação ocasionando assim, o acúmulo de sais solúveis e o incremento do sódio trocável na superfície dos solos (BARROS et al., 2004).

A salinidade é um dos fatores limitantes mais importantes na produção de culturas (ZAHEDI et al., 2011), resultando em redução de germinação e emergência, baixa sobrevivência de plântulas, plantio irregular e menor rendimento devido a alterações morfológicas, fisiológicas e alterações bioquímicas (MUHAMMAD; HUSSAIN, 2010).

O aumento dos níveis de salinidade reduziu a germinação, crescimento de plântulas, degradação retardada de lipídios conteúdo flutuante de ácido linolênico e linoléico em variedades de linhaça (SEBEI et al., 2007; KAYA et al., 2011).

Visando reduzir os impactos negativos à agricultura, buscam-se alternativas agrícolas tolerantes às estas condições e capazes de reverter os danos causados pela salinidade durante o cultivo (KAISER et al., 2016). O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e o crescimento inicial da linhaça submetida a níveis de salinidade.

Material e métodos

O experimento foi realizado em maio de 2018, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel, no laboratório de avaliação de sementes e plantas (LASP).

Para obtenção das soluções de NaCl, seguiu-se a metodologia proposta por Richards (1980), onde quantidades de sal foram diluídas em água destilada e, posteriormente, tiveram sua condutividade elétrica medida em condutivímetro "Digimed" modelo CD-21. Foram colocados 0; 1; 2; 3,2; 4,4; 5,4; 6,6 gl^{-1} de NaCl, e obtiveram-se as leituras de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dS m^{-1}.

As sementes de linhaça foram colocadas em câmara de germinação, em caixas gerbox com papel germitest previamente umedecido com 7 ml das soluções salinas, ou seja 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram mantidas a 20°C por 7 dias. Cada unidade experimental foi constituída por 25 sementes de linhaça. Os testes de germinação seguiram recomendações e critérios estabelecidos pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009).

Foram realizaram as seguintes avaliações: primeira contagem de germinação, que se constituiu da porcentagem de plântulas normais obtidas no terceiro dia, germinação ao sétimo dia, comprimento de parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm), massa seca da parte aérea e raiz (g). As medições das plantas foram feitas com o auxílio de uma régua graduada. A massa seca da parte aérea e da raiz foram obtidas a partir de secagem em estufa com ventilação forçada a 65 ºC até atingir peso constante.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão ao nível de 5% ($p<0,05$) de probabilidade.[DB1]

Resultados e discussão

A germinação no terceiro e sétimo dia não foi influenciada pelos níveis de salinidade (Tabela 1). Nasri et al. (2017) trabalhando com sementes de linhaça observaram que a porcentagem final de germinação não foi afetada a 100 mM NaCl (10 dS m^{-1}), mas houve redução na taxa de germinação a partir no nível 200 mM. Moghaddam et al. (2018) também observaram que o maior efeito inibitório da germinação foi relacionado a 200 mM. Resultados divergentes foram encontrados por Andréo-Souza et al. (2010) verificaram redução significativa no percentual de germinação de sementes de pinhão-manso nas concentrações de 10 e 12 dS m^{-1} de NaCl.

A parte aérea das plântulas de linhaça foi afetada significativamente ($p<0,01$) pelos níveis de salinidade (Tabela 1), comportando-se de forma quadrática (Figura 1A). Observa-se que a altura de planta aumentou até o limite ótimo de 4,5 dSm^{-1} NaCl, com redução a partir desse limite. Andrade et al. (2016) obtiveram comportamento semelhante trabalhando com pimentão e níveis de 1,0 a 3,0 dS m^{-1}, cujo nível de 2,2 dS m^{-1} propiciou máximo crescimento da parte

aérea de pimentão com redução a partir desse nível. Nasri et al. (2017) observaram que as soluções salinas resultaram em declínio no crescimento das mudas, o que indicam estresse ocasionado pelo sal nas plantas. Esta inibição no crescimento pode ter ocorrido ou por mudanças na mobilização de biomassa ou pela toxicidade causada pela alta concentração de sal (GALDINO et al., 2017). Segundo Aktas et al. (2009) o estresse por salinidade provoca inibição no crescimento, distúrbios na permeabilidade das membranas celulares e alterações na condutância estomática, fotossíntese e balanço iônico.

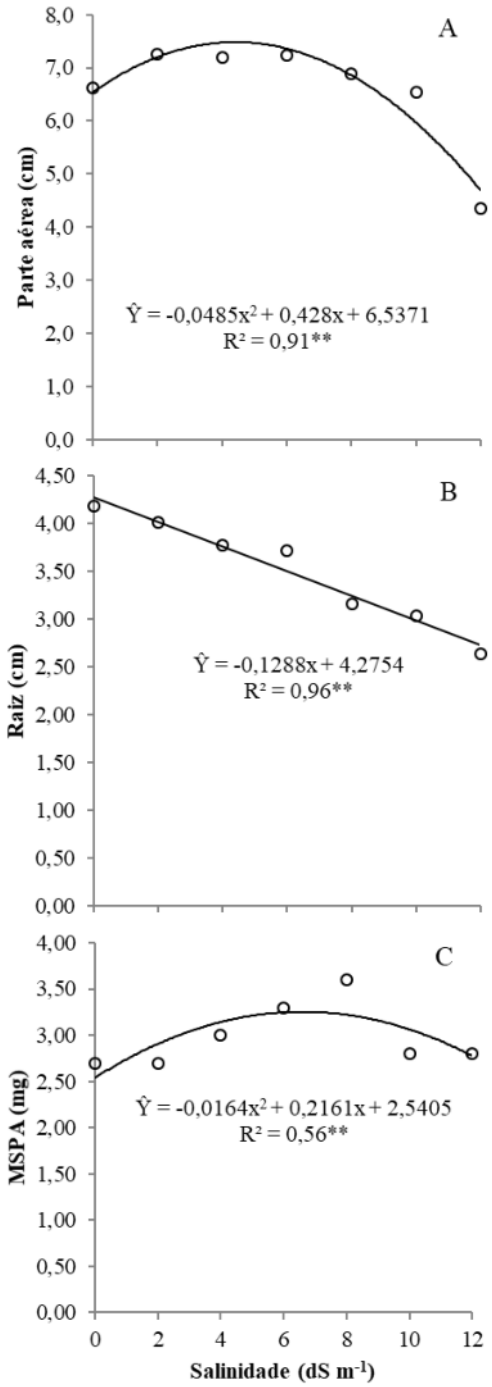
Tabela 1. Germinação ao 3º DAS, germinação ao 7º DAS, valores médios de comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em razão de níveis de salinidade.

Salinidade (dS m^{-1})	Germinação 3º DAS (%)	Germinação 7º DAS (%)	Parte aérea (cm)	Comprimento Raiz (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
0	88	88	6,63	4,18	2,7	0,84
2	85	86	7,26	4,02	2,7	0,73
4	92	92	7,20	3,77	3,0	0,74
6	89	91	7,23	3,72	3,3	0,68
8	85	87	6,89	3,16	3,6	0,76
10	81	82	6,53	3,03	2,8	0,61
12	87	87	4,35	2,64	2,8	0,68
P-valor	0,1920	0,2506	<0,000	<0,000	0,0002	0,0795
CV (%)	6,35	6,32	10,06	9,96	8,10	13,51

CV: Coeficiente de variação.

A salinidade proporcionou redução de 58% do comprimento da raiz (Figura 1B). O comprimento de raiz passou de 4,18 para 2,64 cm no nível máximo de salinidade 12 dS m^{-1}. Patil et al. (2015) observaram redução da raiz da linhaça, comprimento de brotação e peso seco de plântulas com o aumento dos níveis de salinidade. Neste contexto, Lima et al. (2015) trabalhando com albízia observaram diminuição progressiva à medida que os níveis de salinidade da água de irrigação aumentaram sendo que o maior comprimento de raiz estimado foi de 7,31 cm no nível de 0,68 dS m^{-1}. Guedes et al. (2011) ao estudarem *Chorisia glaziovii* também verificaram redução do comprimento da raiz das plântulas à medida que os níveis de salinidade aumentaram. Segundo Guimarães et al. (2013) o efeito da salinidade sobre o crescimento radicular está relacionado ao contato direto com os sais no meio.

Figura 1. Valores médios de comprimento da parte aérea (A), comprimento da raiz (B) e massa seca da parte aérea (MSPA) (C) em razão dos níveis de salinidade. ** significativo a 1% de probabilidade.



A massa seca da parte aérea das plântulas de linhaça foi afetada significativamente ($p<0,01$) (Figura 1C). Já a massa seca da raiz, não foi influenciada pelos níveis de salinidade (Tabela 1).

A diminuição na porcentagem de massa seca pode ocorrer devido à redução do ganho de carbono e ao gasto energético para adaptação à salinidade, envolvendo processos de regulação do transporte e distribuição de íons em vários órgãos e dentro das células; a síntese de solutos orgânicos para osmorregulação e a manu tenção da integridade das membranas celulares (LARRÉ et al., 2011).

Conclusão

Níveis de salinidade a partir de 4,5 e 6,5 dSm^{-1} NaCl reduziram o comprimento de parte aérea e a massa seca da parte aérea da plântula, respectivamente. O comprimento de raiz foi reduzido a partir de 2 dS m^{-1}. A germinação ao 3º DAS, germinação ao 7º DAS e a massa seca da raiz não foram afetadas.

Referências

EL-NAGDY, G. A., NASSAR, D. M., EL-KADY, E. A., EL-YAMANEE, G. S. Response of flax plant (*Linum usitatissimum* L.) to treatments with mineral and bio-fertilizers from nitrogen and phosphorus. *Journal of American science*, v. 6, n. 10, p. 207-217, 2010.

SEBEI, K., DEBEZ, A., HERCHI, W., BOUKHCHINA, S., KALLEL, H. Germination kinetics and seed reserve mobilization in two flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars under moderate salt stress. *Journal of Plant Biology*, v. 50, n. 4, p. 447-454, 2007.

KAYA, M. D., DAY, S., CIKILI, Y., ARSLAN, N. Classification of some linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes for salinity tolerance using germination, seedling growth, and ion content. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 72, n. 1, p. 27 32, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

KAISER, I.S, CONTARINI MACHADO, L., LOPES, J. C., GOLIN MENGARDA, L. H. Efeito de liberadores de óxido nítrico na qualidade fisiológica de sementes de repolho sob salinidade. *Revista Ceres*, v. 63, n. 1, p. 39-45, 2016.

RICHARDS, L.A. *Suelos Salinos y Sodicos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 1980. 171p.

ZAHEDI, S. M., M. NABIPOUR, M., AZIZI, H., GHEISARY, M., JALALI, Z., AMINI. Effect of kinds of salt and its different levels on seed germination and growth of basil Plant. *World Applied Sciences Journal,* v. 15, n.7, p.1039-1045, 2011.

MUHAMMAD, Z., HUSSAIN, F. Effect of NaCl salinity on the germination and seedling growth of some medicinal plants. *Pakistan Journal of Botany*, v. 42, 889–897, 2010.

MOGHADDAM, M., BABAEI, K., SAEEDI POOYA, E. Germination and growth response of flax (*Linum usitatissimum*) to salinity stress by different salt types and concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, v. 41, n. 5, p. 563-573, 2018.

NASRI, N., MAATALLAH, S., SAIDI, I., LACHAÂL, M. Influence of salinity on germination, seedling growth, ion content and acid phosphatase activities of *Linum usitatissimum* L. *Journal of Animal and Plant Sciences*, v. 27, n. 2, p. 517-521, 2017.

PATIL, N.M., S.S. DATIR, AND P.V. SHAH. Saltinduced physiological and biochemical changes in two varieties of *Linum usitatissimum* L. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. v. 4, n. 9, 296-304, 2015.

LARRÉ, C.F.; MORAES, D.M. LOPES, N.F. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 1, p. 86-94, 2011.

GALDINO, L. S., LIRA, E. H., SOUSA, V. F., SOUZA, J. M., MAIA, J. M., COSTA, P. O., ARRIEL, N. H. Padronização das doses de NaCl para indução de stresse salino em Jatropha curcas L. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n. 2, p. 19-30, 2017.

AKTAS, H., ABAK, K., CAKMAK, I. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. *Scientiae Horticulturae*, v.110, n.3, p.260-266, 2009.

ANDRADE, F. H. A., DE ARAÚJO, C. S. P., BATISTA, W. F., NETO, J. A. Q., DANTAS, É. E. M., ANDRADE, R. Comportamento da cultura do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, v. 12, n. 3, p. 1-10, 2016.

LIMA, M. F., PORTO, M. A., TORRES, S. B., DE FREITAS, R. M., NOGUEIRA, N. W., CARVALHO, D. R. Emergência e crescimento inicial de plântulas de albízia submetidas à irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 2, 106-112, 2015.

GUEDES, R. S., ALVES, E. U., GALINDO, E. A., BARROZO, L. M. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *chorisia glaziovii* o. Kuntze. *Revista Brasileira de Sementes*, v.33, n. 2, p.279-288, 2011.

ANDRÉO-SOUZA, Y., PEREIRA, A. L., SILVA, F. F. S., RIEBEIRO-REIS, R. C., EVANGELISTA, M. R. V., CASTRO, R. D., DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n.2, p.83-92, 2010.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

BARROS, M.F.C.; FONTES, M.P.F.; ALVAREZ, V.H.; RUIZ, H.A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.59-64, 2004.

Salinidade (dS m^{-1})	Germinação 3º DAS (%)	Germinação 7º DAS (%)	MSPA (mg)	MSR (mg)
0	88 a	88 a	2,7 c	0,84
2	85 a	86 a	2,7 c	0,73
4	92 a	92 a	3,0 abc	0,74
6	89 a	91 a	3,3 ab	0,68
8	85 a	87 a	3,6 a	0,76
10	81 a	82 a	2,8 bc	0,61
12	87 a	87 a	2,8 bc	0,68
P-valor	0,1920	0,2506	0,0002	0,0795
CV (%)	6,35	6,32	8,10	13,51

O uso de biomassa na produção de combustível sustentável para a aviação: O programa "eco-skies" da United Airlines

Rafael Ávila Moraes[1], Jordan Magalhães Gouveia[2]

[1]*Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica - Universidade Federal do Pará, rafael_moraes30@hotmail.com*

[2]*Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica - Universidade Federal do Pará.*

Resumo

O meio ambiente está cada vez mais presente nas discussões ao redor do mundo em decorrência dos fatores que agridem o seu estado natural e, como produto dessa alteração, provocam consequências que geram danos ao ecossistema como, por exemplo, a degradação da camada protetora da Terra através das altas concentrações de gases poluentes no ar que, em longo prazo, tem o poder de elevar a temperatura natural do planeta. Com base nesta problemática, foram criados planos de minimização desses danos à natureza, sendo alguns deles com foco na queima de combustíveis fósseis, esta que é responsável pela emissão de toneladas de gases poluentes na atmosfera. A produção do etanol como alternativa de combustível menos poluente para os meios de transportes terrestres trouxe a tona a possibilidade de criação de outros tipos de combustíveis considerados mais sustentáveis para distintos segmentos do ramo do transporte, como o da aviação civil. Utilizando como principal objeto de estudo um dos pioneiros programas mundiais de sustentabilidade em uma companhia aérea, o denominado "eco-skies" da United Airlines, foi analisado um importante segmento do programa em questão que assegura o uso de combustível sustentável a base de biomassa nas aeronaves da sua frota; bem como, a autonomia de voo do avião ao utilizar esse tipo de combustível e, consequentemente, a redução da emissão de CO_2 prevista no programa em decorrência do biocombustível e das tecnologias empregadas na aeronave. Duas empresas são responsáveis por produzir e fornecer o querosene a base de vegetal para a United Airlines: AltAir Fuels e Fulcrum BioEnergy. A biomassa mais utilizada nos processos de produção é a Camelina sativa, esta que através das propriedades físico-químicas do seu óleo foi capaz de reduzir o ponto de solidificação do biocombustível em até -23°C e aumentar 4% do seu potencial energético em relação ao querosene usual de aviação (ALTAIRFUELS, 2017). Tomando como referência um Boeing 737 MAX pertencente à frota da United Airlines com alcance máximo de 6.510km e um tanque de 25.940 litros (BOEING, 2017) temos que: ao utilizar o biocombustível a aeronave tem uma eficiência energética total de $1{,}4267x\,10^6$ MJ/Kg e uma redução de 24% das emissões de CO_2 quando combinadas as propriedades do biocombustível e dos catalisadores presentes na aeronave. As práticas sustentáveis regidas pelo "eco-skies" da United Airlines são comprovadas através dos resultados obtidos no trabalho em relação à eficiência no uso de combustíveis sustentáveis a base de biomassa. A Latam que já realiza testes com biocombustível a base de biomassa, e até mesmo outras companhias aéreas estarão mais frequentes ao longo dos anos buscando constantemente novas tecnologias capazes de reduzir a emissão de gases poluentes, outras fontes de biomassa para a produção de combustíveis, e dessa forma, também evidenciar a responsabilidade do transporte aéreo com o meio ambiente.

Palavras-chave. Biomassa, Biocombustível, Aviação, Eco-Skies.

Potencial geração de biopolímero através de microalgas aplicadas em águas residuais urbanas

Adna Caroline do Vale Oliveira[1], Tarley Almeida Dias Costa[2], Antônio Gabriel Lessa Soares[3], Isadora Machado Marques[4] e Ícaro Thiago Andrade Moreira[5]

[1] *Mestranda em Desenvolvimento Regional e Urbano na Universidade Salvador-UNIFACS. E-mail para contato: adnacaroliine@hotmail.com*

[2] *Graduanda do curso de Engenharia Química da Universidade Salvador – UNIFACS*

[3] *Mestrando em Desenvolvimento Regional e Urbano na Universidade Salvador-UNIFACS*

[4] *Mestranda em geoquímica: petróleo e meio ambiente na Universidade Federal da Bahia- UFBA*

[5] *Doutor em geologia ambiental, hidrogeologia e recursos hídricos pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia e professor adjunto da Universidade Salvador*

Resumo *– Os biopolímeros gerados a partir de microalgas possuem características semelhantes aos plásticos de origem petroquímica, com um grande diferencial por serem biodegradáveis, podendo ser um substituto em potencial. As águas residuais são naturalmente ricas em substratos importantes para o crescimento de alguns microrganismos como as microalgas. O cultivo foi realizado em fotobiorreator fechado de 3L com volume útil de 2,5L, obtendo maior crescimento celular no tempo 7d. Periodicamente coletas foram realizadas para acompanhamento da concentração da biomassa, pH e temperatura nos tempos 0d, 7d, 15d. Os biopolímeros foram extraídos a partir de digestão diferencial após 15 dias de cultivo. Os resultados mostram que a produção de biopolímeros por microalgas é viável com o meio de cultura de águas residuais.*

Palavras-chave: Microalga. Efluentes urbanos. Biopolímero. PHA.

INTRODUÇÃO

Os plásticos de origem petroquímica têm apresentado diversas aplicações por conta da sua versatilidade e baixo custo (CORREA, 2018). Entretanto, os polímeros petroquímicos têm se tornado um problema devido ao crescente número de descartes sem fins apropriados e ao longo tempo de degrabilidade desses materiais por conta da resistência a fungos e bactérias (GEYER, R., JAMBECK, R. E LAW, K., 2017; SANTOS, 2017). Uma medida alternativa para diminuir o impacto desse material no ambiente é a produção e a utilização dos polímeros biodegradáveis, que apresentam uma potencial expansão em razão da sua viabilidade econômica e técnica e auxiliam na redução da poluição ambiental (MARTINS, 2014)

A biotecnologia das microalgas abrange uma ampla gama de bioprodutos, tais como biocombustíveis, química fina, alimentação animal, pigmentos, suplementos alimentares, hormônios e fertilizantes (ANDRADE, D. S. E COLOZZI, A., 2014). Além dessas aplicações, as microalgas podem produzir bioplásticos devido à elevada porcentagem de proteína na sua composição que permite a produção do biopolímero sem tratamento prévio, se tornando assim, um produto econômico e com baixa produção de resíduos (ZELLER, M., HUNT, R, JONES, A. E SHARMA, S., 2013).

Segundo WIHODO e MORARU (2013), polímeros biodegradáveis se referem a utilização de matérias primas renováveis como celulose, proteína e amido na síntese desse composto que pode ser degradado por ação natural de microrganismos em semanas ou meses. As microalgas são capazes de produzir diversos bioprodutos devido à capacidade de metabolizar os nutrientes presentes no meio (DELRUE, F., ÁLVAREZ-DÍAZ, D., FON-SING, S., FLEURY, G. E SASSI, J., 2016). Microalgas são organismos microscópicos fotossintetizantes que possuem grande adaptabilidade, podendo ser cultivados em diversos biomas aquáticos (ANDRADE, D. S. E COLOZZI, A., 2014). Entretanto, para produção em larga escala existe a preocupação em diminuir os custos da produção, assim, pode ser utilizado o meio de água residual que contêm alto teor de contaminantes como nitrogênio e fósforo, necessários para o crescimento e nutrição das microalgas (DA SILVA, 2018; DA SILVA, 2014).

Esse microrganismo é capaz de acumular grânulos intracelulares de PHB como reserva de energia e carbono em suas células quando estão em condições de estresse (KAVITHA, G., RENGASAMY, R. E INBAKANDAN, D., 2018). Esse polímero pode ser sintetizado e utilizado como substituto do polímero petroquímico e/ou complementação para diminuir o tempo de decomposição dos materiais (CAMPOS, I., FIGUEIREDO, B., SOUSA, S. E DRUZIAN, I., 2014). Objetivo principal desse trabalho consiste em cultivar microalga em água residual urbana e produzir biomassa para a geração de polímeros biodegradáveis como uma possibilidade para substituição dos polímeros petroquímicos.

METODOLOGIA

Coleta da água residual urbana para meio de Cultivo

A coleta das águas superficiais tem sua área localizada no rio Camarajipe – Salvador, Bahia, cujas coordenadas demarcadas foram 12058’52’’S 38027’09W conforme Figura 1.

Figura 1 – Rio Camarajipe

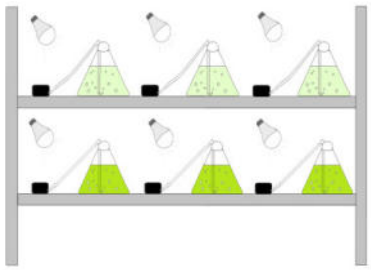
Fonte: Google Earth adaptado, 2019.

Foram coletados em 5 frascos âmbar, 20L de água residual em uma estação. As amostras foram conservadas em caixa térmica e posteriormente encaminhadas até o Laboratório de Microalgas. Os parâmetros físico-químicos foram analisados in situ através da sonda multiparâmetros Horiba U-50.

Condições de Cultivo

A cepa de microalga foi denominada de GTA-1, sendo esta espécie e o meio de cultura *Bold's Basal Medium* (BBM) obtidos do *Canadian Phycological Culture Centre* (CPCC). Ressalta-se que este trabalho faz parte de um projeto de tese em desenvolvimento, sendo apresentados resultados parciais e a espécie ainda está em avaliação.
O cultivo foi monoalgal com concentração inicial de 126,59 µg/L e realizado em dois reatores com concentrações diferentes sendo: Experimento 01 com 0% de água residual e experimento 02 com 100% de água residual urbana, em triplicata, totalizando 6 experimentos em fotobiorreatores fechados de 3 litros, com volume útil 2,5 litros, sendo o grupo controle com 0% de água residual, acrescido de meio de cultura sintético (BBM), de acordo com a **Figura 2**. Os dois meios de cultura foram autoclavados a 120°C durante 15 minutos para esterilização. Para evitar precipitação da biomassa e fornecer CO_2, foram utilizadas bombas de 3 L/min com potência de 3 W, com injeção de ar estéril filtrado por um filtro de 0,22µm. A iluminância foi realizada com lâmpadas fluorescentes frias com potência de 11W e aproximadamente 1400lux. Periodicamente coletas foram realizadas para acompanhar a concentração celular e pH.

Figura 2 – Desenho experimental do protótipo de fotobiorreator



Fonte: COSTA, 2019.

Análises laboratoriais

O experimento teve duração de 15 dias sendo o monitoramento do crescimento microalgal dividido em tempos diferentes com: 0º dia, 7º dia e 15º dia. Para cada reator as amostras foram filtradas, utilizando membrana de fibra de vidro de 0,45µm, bomba à vácuo e compressor, a análise de nutrientes foi realizada em cromatografia iônica pelo método ASTM(2005)), quantificação da clorofila *a* foi executada através de leitura em espectrofotômetro (CARY 60 UV-Vis) com comprimento de ondas 630, 647, 664 e 750nm pelo método Standart Methods (2012) e controle do pH marca Hanna. A temperatura foi monitorada ao longo do experimento, usando um termômetro digital modelo TPM-10 e a luminosidade monitorada por um Luxímetro digital marca AKSO que obteve uma faixa de 1600 lux. Após 15 dias, tempo máximo de crescimento microalgal, a biomassa gerada foi coletada para extração do biopolímero bruto e liofilizada durante 5 dias para quantificação.

Parâmetros Cinéticos

A quantificação das células de microalgas foi determinada inserindo valores de densidade óptica conforme a equação 1 (Standart Methods, 2012)

$$Ca = 11{,}85(absorbância\ 664) - 1{,}54(absorbancia\ 647) - 0{,}08\ (absorbancia\ 630)$$

Equação 1

$$Chlorophylla = \frac{Ca * Extração\ volume(L)}{Volume\ da\ amostra\ (m^3)}\left(\frac{mg}{m^3}\right)$$

Equação 2

Extração do Biopolímero

Após 15 dias de experimento, os cultivos foram centrifugados com auxílio da centrífuga HETTICH ZENTRIFUGEN a 3330 rpm por 15 min em temperatura ambiente para separar a biomassa úmida do meio de cultivo. O sobrenadante foi descartado e a biomassa foi seca durante 48h em liofilizador modelo L108 da marca LIOTOP e pesada em uma balança analítica da marca SHIMADSU para a obtenção do peso seco. Após pré-tratamento o biopolímero foi extraído através de digestão diferencial seguindo a metodologia de (MORAIS 2008). O precipitado final, biopolímero bruto, foi seco por 5 dias em liofilizador. Onde o rendimento do biopolímero (%) foi obtido pela equação 3.

$$\eta(\%) = \frac{m_{bb} * 100}{m_{ma}}$$

Equação 3

RESULTADO E DISCUSSÃO

Parâmetros físico-químicos da água residual urbana

Os parâmetros físico-químicos foram analisados in situ através da sonda multiparâmetros Horiba U-50, onde foi possível analisar a temperatura (26,8°C), pH (7,36),

eH (176 ORPmv), condutividade (0,499 mS/cm), turbidez (39,1 NTU), oxigênio dissolvido (50 mg/L), sólidos totais dissolvidos (0,324 g/L) e salinidade (0,02).

Concentração de nutrientes, produção de biomassa e biopolímero

Os resultados da concentração dos nutrientes em mg/L dos experimentos, estão de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Concentração de nutrientes, produção de biomassa e biopolímero

0% água residual (EXP01)	Concentração nutrientes			**100% àgua residual (EXP02)**	Concentração nutrientes		
	Tempo 0 (Inicial)	Nitrito	<LQ EXP01		Tempo 0 (Inicial)	Nitrito	0,38 EXP02
		Nitrato	113,67 EX01			Nitrato	4,80 EXP02
		Amônio	<LQ EXP01			Amônio	2,03 EXP02
		Fósfato	113,32 EXP01			Fósfato	1,49 EXP02
	Tempo 15 (Final)	Nitrito	1,47 EXP01		Tempo 15 (Final)	Nitrito	<LQ EXP02
		Nitrato	97,26 EXP01			Nitrato	0,32 EXP02
		Amônio	1,46 EXP01			Amônio	<LQ EXP02
		Fósfato	176,32 EXP01			Fósfato	3,22 EXP02
	Biomassa seca		1,2271 g		Biomassa seca		1,8026g
	Biopolímero		29,85 (%)		Biopolímero		56,73 (%)

Fonte: OLIVEIRA, 2018.

*< LQ: Abaixo do limite de quantificação (0,25 mg/L).

A coleta e secagem da biomassa foram feitas através da junção das réplicas para uma amostragem, totalizando o peso seco para o experimento que continha apenas meio de cultivo em 1,2271 g de biomassa e para o experimento que continha apenas água residual em 1,8026g. Portanto, o experimento 2 obteve maior peso seco (1,8026 g), devido a maior concentração de nutrientes dissolvidos na água residual.

Assim a extração dos biopolímeros apresentou maior rendimento no experimento 02 (56,73%), pois a água residual concentrada apresenta maior quantidade de nitrogênio amoniacal. Este nutriente é essencial para a formação de proteínas nas células das microalgas permitindo que ocorra a extração e geração de biopolímeros como polihidroxialcanoato (PHA).

O PHA é essencial para a formação de materiais feitos com bioplásticos (como garrafas, vasilhas e papel filme) que são biodegradáveis e bem vistos como materiais mais sustentáveis e amplia a economia circular do país.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos neste trabalho, foi possível observar o crescimento e capacidade de produção de biomassa pela microalga cultivada em diferentes meios de cultura. A microalga apresentou maior peso seco cultivada em água residual urbana concentrada (1,8026 g), enquanto que o grupo controle com 0% de água residual obteve menor peso seco (1,2271g). O maior rendimento de biopolímero foi de 56,73% no experimento com concentração de 100% de água residual, podendo comprovar que a utilização de águas contaminadas com efluentes urbanos é viável para utilização como meio de cultivo de microalgas. No trabalho também foi possível comprovar a viabilidade da geração de biopolimero a partir da biomassa de microalgas cultivadas em água residual urbana, sendo recomendados novos experimentos para avaliar a qualidade desses biopolímeros e transformação em bioplásticos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. S. E COLOZZI, A. (2014) Microalgas de águas continentais: Potencialidades e desafios do cultivo. IAPAR, V.1, pp. 145-167.

CAMPOS, I., FIGUEIREDO, B., SOUSA, S. E DRUZIAN, I. (2014) The influence of crude glycerin and nitrogen concentrations on the production of PHA by Cupriavidus necator using a response surface methodology and its characterizations. Industrial Crops and products, V.52, pp. 338-346.

CORREA, C. A. (2018) Considerações sobre o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis para bioplásticos a partir de fontes renováveis como alternativa aos plásticos de origem fóssil. Unisanta BioScience, V.7, N.6, pp. 126-143.

DA SILVA, G., CANTO, F., DA SILVA, C. E NEVES, F. (2018) Revisão bibliográfica: produção de bioplásticos de biomassa de microalgas.

DA SILVA, N. F. P. (2014). Crescimento de Microalgas em Águas Residuais: Produção de Biomassa e Remoção de Nutrientes.

DELRUE, F., ÁLVAREZ-DÍAZ, D., FON-SING, S., FLEURY, G. E SASSI, J. (2016) The Environmental Biorefinery: Using Microalgae to Remediate Wastewater, aWin-Win Paradigm. Energies, V.9, N.132.

GEYER, R., JAMBECK, R. E LAW, K. (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. Science advances, V.3, N.7, pp. e1700782.

KAVITHA, G., RENGASAMY, R. E INBAKANDAN, D. (2018). Polyhydroxybutyrate production from marine source and its application. International Journal of Biological Macromolecules, V.111, pp. 102–108.

MARTINS, G. R. (2014) Síntese, extração e caracterização de biopolímeros de origem microalgal para desenvolvimento de nanofibras.

SANTOS, J. P. D. (2017). Práticas educativas em biotecnologia: integrando a biologia e a química em um estudo de bioplástico de amido.

SCHMIDELL, W., LIMA, A, AQUARONE, E, BORZANI, W. (2001) Biotecnologia Industrial. Brasil: Editora Edgard Blücher LTDA. V.2.

WIHODO, M. E MORARU, C. (2013) Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review. Journal of food engineering. V.114, N.3, pp. 292-302.

ZELLER, M., HUNT, R, JONES, A. E SHARMA, S. (2013); Bioplastics and their thermoplastic blends from Spirulina and Chlorella microalgae; Journal of Applied Polymer Science.V.130, N.5, pp. 3263-3275.

PRODUÇÃO DE BRIQUETES A PARTIR DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PALMITO PUPUNHA

Arantes, M. S. T.[1], Lima, E. A.[2], Zanoni, P. R. S.[2], Sá, F. P.[3]

[1] *Estagiário Embrapa Florestas e discente de Engenharia Química UFPR, matheussamponi@ufpr.br*

[2] *Pesquisador Embrapa Florestas*

[3] *Pós-Doutoranda Embrapa Florestas*

Resumo

As biomassas representam uma importante fonte de energia limpa. O sistema de transporte e armazenamento delas, no entanto, apresenta um problema devido a baixa compactação e aos grandes volumes obtidos no campo, fazendo-se necessário o estudo de maneiras de aumentar a densidade energética proveniente destes materiais. Este trabalho buscou analisar a briquetagem da bainha externa da pupunha nas temperaturas de 90, 120 e 150 °C e nas pressões de 65, 95 e 125 bar, analisando a densidade do briquete obtido e o seu fator de coesão. Observou-se que a temperatura de operação do equipamento não apresentou influência sobre os fatores avaliados, enquanto que a pressão apresentou uma influência de caráter quadrático. Por fim, concluiu-se que a melhor condição de produção foi a de 90 °C e 65 bar, condição de maior economia energética, com uma densidade de 0,98 g/cm³ e fator de coesão de 99,6 %.

Palavras-chave. Aproveitamento de resíduos, Biomassa, Energia.

Introdução

O estudo da produção de combustíveis substitutos aos provenientes de fontes fósseis tem, atualmente, uma grande importância para a ciência e para as indústrias, devido ao viés de sustentabilidade econômico-ambiental adotado. Uma das oportunidades abordadas são as biomassas (BALASUBRAMANI, 2016).

As agroindústrias produtoras de palmito de pupunha são indústrias que descartam grande volume de biomassa, em torno de 70 % de tudo o que é colhido no campo, que representa uma potencial fonte de energia para queima em carbonizadores ou fornos.

Este descarte consiste nas partes não aproveitadas no comércio do palmito, que são a parte basal da pupunha e as bainhas externa e interna. Uma vez secas, essas partes podem ser utilizadas na geração de energia, de modo a se evitar o desperdício de materiais e, além disso, ajudar no gerenciamento de resíduos.

Para utilizar este material como combustíveis, duas opções se fazem disponíveis: a queima direta da biomassa e a produção de corpos de queima comprimidos, como os briquetes e *pellets*, que facilitam o transporte e o armazenamento. Eles apresentam um destaque positivo principalmente por apresentarem uma alta densidade energética (BALASUBRAMANI, 2016).

A produção dos briquetes é comumente realizada aplicando uma pressão sobre a amostra moída ou triturada e, além disso, fornecendo calor para que ocorra a transição vítrea da lignina, de modo a formar um corpo resistente e denso. Esta operação é influenciada por diversos fatores, como a composição dos moídos utilizados, a granulometria e a pressão utilizada no equipamento (MITCHUAL, 2013).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a produção de briquetes a partir da bainha externa da pupunha, analisando as condições de operação da briquetadeira quanto a densidade e o fator de coesão obtidos, de modo a se obter um briquete de alta densidade e com baixo índice de quebra devido ao transporte, visando o menor gasto energético na produção.

Material e Métodos

Para a produção dos briquetes, a bainha externa da pupunha, coletada *in natura* em uma agroindústria localizada em Antonina, PR, foi primeiramente triturada utilizando um triturador (Trapp TRF 300, Brasil). A granulometria da amostra não foi controlada, obtendo-se diversos tamanhos de bainha picada.

Posteriormente, o sólido picado foi alocado em um secador solar e deixada secando por 40 dias. A umidade média em base úmida foi calculada para 5 amostras após a secagem, utilizando uma balança analítica (Marte AY220, Brasil) e uma estufa (FANEM 315 SE, Brasil) a 110 °C. A umidade foi obtida a partir da razão de água para a massa de sólido úmido inicialmente amostrado.

Uma vez determinada a umidade da bainha picada, o processo de briquetagem foi iniciado utilizando um briquetadeira (Lippel LB 32, Brasil).

Foram testadas nove condições de produção de briquetes, a partir da combinação das pressões e temperaturas mostradas na Tabela 1, definidas a partir de um estudo prévio. Para cada condição estudada, 4 briquetes de (25 ± 1) g foram produzidos.

Tabela 1. Fatores e níveis avaliados no processo de produção de briquetes.

Temperatura (°C)	Pressão (bar)
90	65
120	95
150	125

Os briquetes obtidos foram analisados quanto ao seu retorno em comprimento, sua densidade e o fator de coesão, além da avaliação visual preliminar quanto a presença de defeitos de produção.

Para as avaliações, cada briquete teve seu diâmetro medido e sua altura medida em 4 pontos no dia de produção e no dia seguinte, utilizando um paquímetro digital (Fowler IP67, EUA).

Os briquetes foram pesados utilizando a balança analítica em 3 momentos: no dia de produção, no dia seguinte a produção, antes do teste de fator de coesão e, por fim, após o teste de fator de coesão.

O teste estatístico de Tukey foi realizado para comparar a média das alturas do dia de produção com a média do dia posterior para cada briquete, de modo a se observar se houve retorno em comprimento.

O volume de cada briquete foi calculado, considerando a altura média obtida no dia de produção e um formato cilíndrico.

A densidade do briquete foi calculada utilizando os dados de massa do dia de produção e o volume calculado e, por fim, para cada condição analisada, calculou-se a densidade média.

Um teste ANOVA foi aplicado nos dados obtidos de densidade e condições de obtenção dos briquetes, de modo a se avaliar se os fatores pressão e temperatura apresentam influência sobre a densidade do briquete.

Por fim, para o teste de fator de coesão, utilizou-se um friabilômetro (Marconi MA 791, Brasil) por 6 minutos e com rotação de 25 rpm para cada briquete. O fator de coesão foi calculado, então, a partir da razão entre a massa do briquete após o teste e a massa antes do teste, representando a porcentagem não quebrada do corpo de prova.

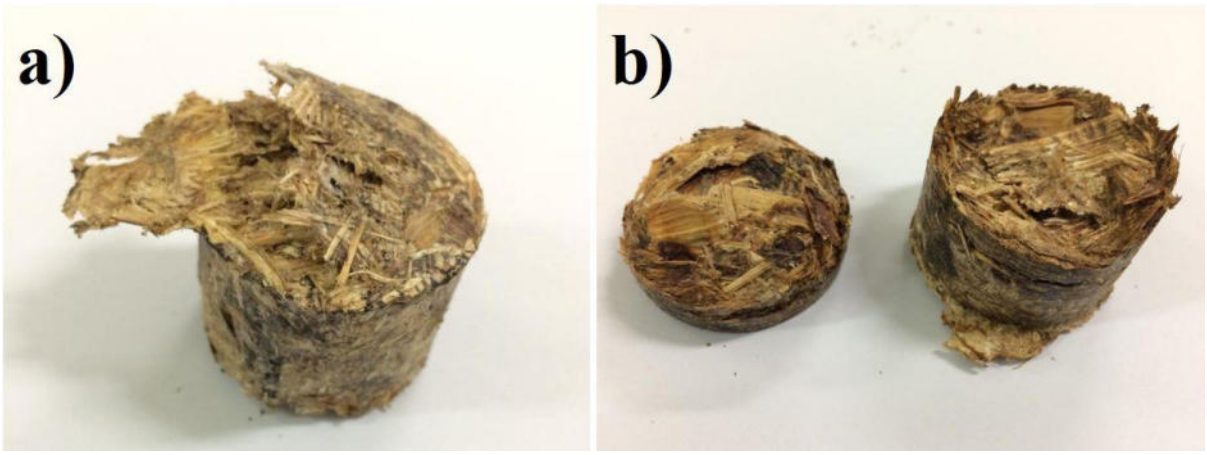
O teste ANOVA foi aplicado utilizando os dados de fator de coesão como feito previamente para os dados de densidade, de modo a se avaliar a influência da temperatura e da pressão.

Resultados e Discussão

A análise de umidade do material apontou um teor de umidade de 15 % em base úmida, valor próximo da faixa recomendada para produção de briquetes.

O primeiro fator analisado foi a presença de defeitos nos briquetes assim que finalizado o processo; a Figura 1 mostra os dois defeitos observados: a expansão radial na extremidade e a quebra.

Figura 1. Defeitos observados nos briquetes produzidos: a) expansão radial na extremidade; b) quebra.



Fonte: Arantes, 2019.

A expansão radial nas extremidades, assim como a quebra do briquete, ocorre no momento de retirada da contrapressão da briquetadeira e é resultante da expansão do vapor de água que estava presente no material triturado.

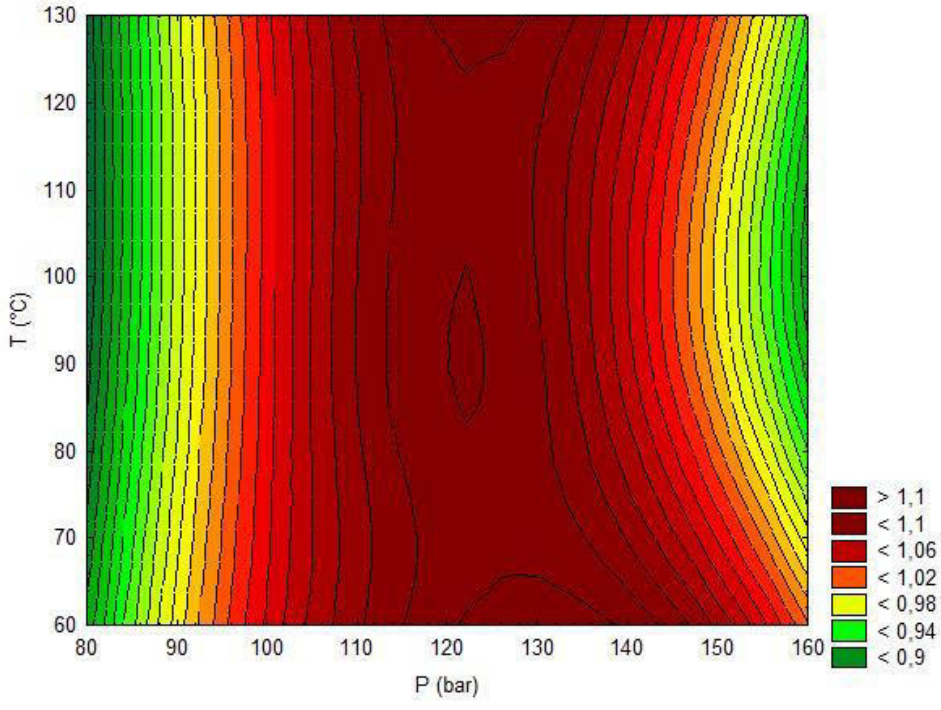
A Tabela 2 mostra as condições em que se observaram os defeitos de quebra e expansão.

Pode-se observar que nas temperaturas de 90 e 120 °C, a expansão radial na extremidade ocorreu somente na pressão de 125 bar, enquanto que na temperatura de 150 °C, a expansão é observada em todas as pressões analisadas. A quebra, por sua vez, ocorreu somente em uma das condições estudadas: a 150 °C e 95 bar. Pode-se concluir que nas temperaturas menores, não há a evaporação total da umidade presente na amostra, devido ao baixo tempo de residência no equipamento, gerando uma menor pressão interna que na condição de 150 °C, o que promove a menor quantidade de defeitos nos briquetes.

Tabela 2. Defeitos observados para cada condição de briquetagem.

Temperatura (°C)	Pressão (bar)		
	65	95	125
90	-	-	Expansão radial.
120	-	-	Expansão radial.
150	Expansão radial.	Expansão radial; Quebra.	Expansão radial.

Figura 2. Superfície resposta da densidade (g/cm³) em função da temperatura e da pressão.



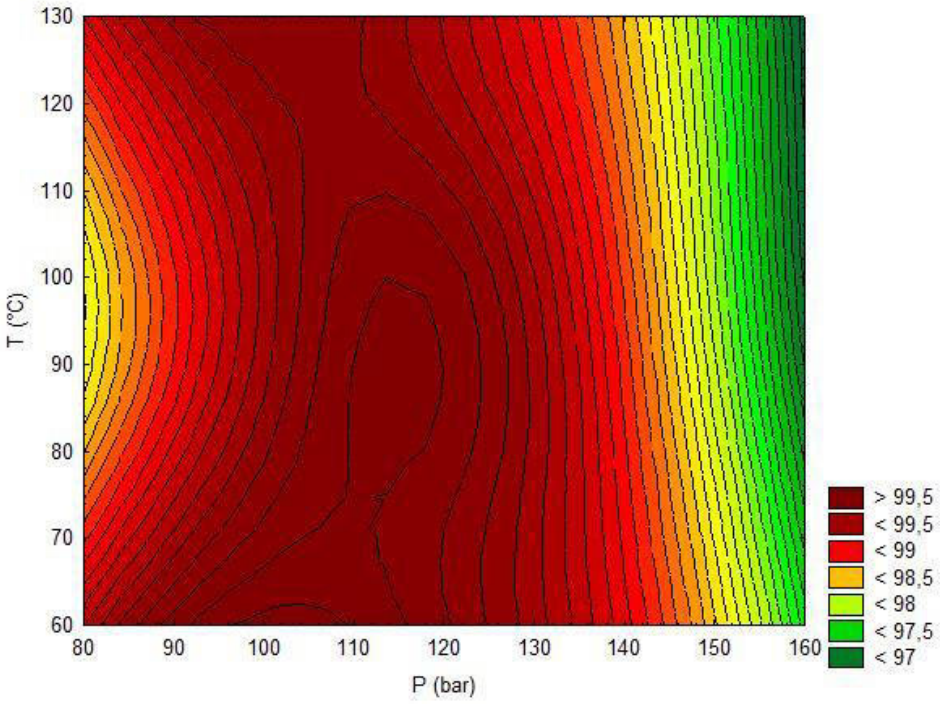
Fonte: Arantes, 2019.

A partir do teste de Tukey, observou-se que as alturas medidas no dia de produção e no dia seguinte não apresentam diferenças significativas. Para a avaliação da densidade, adotou-se como parâmetro a densidade calculada com os valores de altura e massa do dia de produção.

A densidade média de cada condição estudada pode ser analisada na superfície resposta disposta na Figura 2.

Pôde-se observar, a partir do teste ANOVA e da superfície resposta, que a temperatura de operação, na faixa de estudo deste trabalho, não apresentou influência sobre a densidade dos briquetes, enquanto que a pressão teve uma influência com caráter quadrático. O mesmo ocorre com o fator de coesão, cuja superfície resposta está disposta na Figura 3.

Figura 3. Superfície resposta do fator de coesão (%) em função da temperatura e da pressão.



Fonte: Arantes, 2019.

Conclusões

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a melhor condição de produção dos briquetes de bainha externa de pupunha é a 90 °C e 65 bar devido aos fatores apontados abaixo:

- Não se tem defeitos aparentes nesta condição;

- A densidade e o fator de coesão dos briquetes em condições mais extremas, apesar de apresentarem diferença significativa, não apresentam uma melhora física significativa comparado aos obtidos na condição mais branda;

- É uma condição mais branda de operação da máquina, apresentando um menor gasto energético para a produção dos briquetes, além de um menor desgaste do equipamento.

A briquetagem se mostrou muito eficiente para a compactação do resíduo analisado, obtendo-se briquetes de densidade em torno de 1.000 kg/m³ e com um fator de coesão alto, com valores superiores a 97 %, o que representa um potencial baixo de quebra devido ao transporte.

Referências Bibliográficas

BALASUBRAMANI, P. *et. al*. (2016). Biomass briquette manufacturing system model for environment. *Journal of Alloys and Compounds*. V. 686, pp. 859-865.

MITCHUAL, S. J. *et. al.* (2013). Effect of species, particle size and compacting pressure on relaxed density and compressive strength of fuel briquettes. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*.

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES GRANULOMETRIAS

Stéfanne Alves de Souza[1], Juliana Ceccato Ferreira[1], Carlos Rogério de Andrade[1], José Benedito Guimarães Júnior[2], Denis Kelington Ferreira Machado[1].

[1]*Universidade Federal de Goiás, stefannealves@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal de Lavras*

Resumo

O tamanho das partículas tem efeito direto na interação entre as mesmas e nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis que compõe. Deste modo, o presente trabalho buscou avaliar o efeito de diferentes granulometrias de partículas de bagaço de cana-de-açúcar sobre propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados. Foram confeccionados painéis com densidade nominal de 0,60 g/cm³, prensados a uma pressão de 6,2 MPa, posteriormente submetidos a uma temperatura de 180°C, por 30 minutos, contendo adesivo ureia-formaldeído na proporção de 8% de sólidos do adesivo em relação a massa seca de partículas do painel. Foram testados painéis compostos de duas granulometrias distintas, compostas inteiramente por bagaço de cana, onde o tratamento A foi composto por partículas de granulometria maior, e o tratamento B composto por partículas de granulometria menor. Os ensaios físicos realizados foram densidade aparente, teor de umidade, absorção de água e inchamento em espessura em imersão em água por 2 hora, e os ensaios mecânicos foram tração, módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE). Não foi apresentado diferenças significativas das propriedades físicas e mecânicas entre os tratamentos, sendo os valores médios de absorção de água de 134,1 ± 36,1 %, o inchamento em espessura foi de 49,4 ± 21,7 %, teor de umidade, de 7,7 ± 0,2 %, tração de 2,4 ± 0,19 kgf/cm², módulo de ruptura 24,07 ± 15,4 kgf/cm² e módulo de elasticidade 1930,94 ± 1509,43 kgf/cm². Foi observada correlação positiva entre tração, MOR e MOE, e correlação negativa entre absorção com MOR e MOE. Por não haver diferença entre as propriedades físicas e mecânicas nas diferentes granulometrias, os painéis com maiores granulometrias são mais indicados devido a facilidade de produção e manuseio.

Palavras-chave Resíduos vegetais. Biomassa. Produtos lignocelulósicos.

Introdução

O painel aglomerado é definido como um painel produzido com partículas de madeira, com a incorporação de um adesivo sintético e reconstituídos numa matriz randômica e consolidados através de aplicação de calor e de pressão na prensa quente (IWAKIRI, 2005). Segundo o autor, durante a Segunda Guerra mundial, em um período de grandes dificuldades, a demanda por novas tecnologias aumentou significativamente, surgindo assim os painéis reconstituídos, que vieram como resposta a escassez de madeira, empregando resíduos lignocelulósicos disponíveis.

No início da produção de painéis aglomerados no Brasil, haviam muitas limitações técnicas que levaram ao questionamento sobre a qualidade dos mesmos. À medida com que novas tecnologias foram incorporadas no processo de produção dos painéis aglomerados, estes passaram a apresentar maior resistência física e mecânica, se tornando uma das principais matérias-primas da indústria moveleira nacional (MELO, 2009), os painéis aglomerados passaram então a ser o tipo de painel mais produzido e consumido no Brasil e no mundo (MATTOS et al., 2008).

A escolha de materiais residuais, como o bagaço de cana, para a produção de painéis é uma alternativa divergente a matéria-prima mais comum, que geralmente advém de madeiras de eucalipto e pinus. Porém, existe a necessidade de introdução de novas matérias-primas no processo produtivo, diversificando o mercado e agregando valor aos materiais residuais para o aumento da produção industrial de painéis (PROTASIO et al., 2015), contribuindo ainda, com a minimização dos impactos ambientais, sociais e econômicos associados aos materiais residuais (RIBEIRO; MORELLI, 2009). Sendo assim, diferentes materiais lignocelulósicos, como os resíduos florestais e agrícolas, podem ser utilizados na produção de painéis aglomerados (FIORELLI et al., 2011; SCATOLINO et al., 2017).

O controle da uniformidade da granulometria das partículas de um painel é de suma importância, uma vez que no processamento das partículas é necessário tempo e processamentos diversos, podendo interferir no tempo e custo final da produção do painel. Além disso, a escolha da granulometria ideal depende estreitamente da influência que irá exercer sobre as propriedades físicas e mecânicas do painel.

Neste contexto, o presente trabalho buscou avaliar o efeito da granulometria de partículas de bagaço de cana-de-açúcar sobre propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados.

Material e Métodos

Para a produção dos painéis, foi utilizado o bagaço de cana, resíduo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), proveniente de uma indústria de produção de álcool, localizada em Jatai-GO. Foram confeccionados painéis com dimensões 20,0 x 20,0 x 1,5 cm, contendo adesivo ureia-formaldeído, com 64,7% de teor de sólidos, na proporção de 8% de sólidos do adesivo em relação a massa seca de partículas do painel. A proporção utilizada foi de 100% de bagaço-de-cana em ambos tratamentos, diferindo-se no tamanho da granulometria, com três repetições por tratamento, onde o tratamento A possui partículas com granulometria maior, e tratamento B partículas com granulometria menor.

Na obtenção de partículas de granulometria maior (tratamento A), o material foi processado no Triturador Tg 1400-S Kawashima, sendo utilizadas para a produção dos painéis aquelas que ficaram retidas na peneira de 5 mesh. Para obter as partículas de granulometria menor para o segundo tratamento (tratamento B), após passar pelo triturador, o material foi processado em moinho de facas tipo Willey e as partículas utilizadas na produção dos painéis deste tratamento foram aquelas retidas na peneira de 35 mesh.

Todas as partículas foram secas em estufa com circulação de ar forçada até atingir umidade na base seca de 3%, e misturadas manualmente ao adesivo. Cada painel foi prensado a uma pressão de 6,2 MPa, posteriormente submetidos a uma temperatura de 180°C, por 30 minutos. Os painéis prontos foram acondicionados em câmara climática, nas condições de 65 ± 5% de umidade relativa e temperatura de 20 ± 3°C para que atingissem a umidade de equilíbrio. Os ensaios físicos realizados foram densidade aparente, teor de umidade, absorção de água e inchamento em espessura em imersão em água por 2 horas; e os ensaios mecânicos realizados foram de tração, módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), segundo a norma NBR 14810-2 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Foi instalado um experimento inteiramente casualizado composto de dois tratamentos, sendo duas granulometrias para os painéis, com três repetições cada, totalizando seis unidades amostrais. Os dados foram analisados com o software Statistica, onde foram feitas análises de variância (Anova) entre tratamentos e teste de correlação de Pearson (r) entre as variáveis. Quando houve diferença significativa entre os tratamentos aplicou-se o teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Todos os painéis foram classificados como sendo de baixa densidade, os quais apresentaram valor médio de 0,42 ± 0,06 g/cm^3. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para as propriedades físicas dos painéis, sendo os valores médios de absorção de água de 134,1 ± 36,1%, o inchamento em espessura foi de 49,4 ± 21,7% e o teor de umidade, de 7,7 ± 0,2%. Sobre as propriedades mecânicas, os painéis também não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, resultando em valores médios de tração de 2,4 ± 0,19 kgf/cm², módulo de ruptura 24,07 ± 15,4 kgf/cm² e módulo de elasticidade 1930,94 ± 1509,43 kgf/cm².

Apesar de não haver diferença das propriedades analisadas entre os tratamentos, observou-se efeito de uma propriedade sobre a outra, com base nos dados de correlação de Pearson, dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Correlação das propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

Variável	D	TU	IE	ABS	Tração	MOR	MOE
D	1,00						
TU	-0,64	1,00					
IE	0,38	-0,01	1,00				
ABS	-0,46	0,53	0,48	1,00			
Tração	0,71	-0,45	0,10	-0,76	1,00		
MOR	0,52	-0,51	-0,05	-0,84 *	0,93 *	1,00	
MOE	0,59	-0,64	-0,07	-0,87 *	0,91 *	0,98 *	1,00

Onde: *significativo ao nível de 5% de probabilidade. D= densidade aparente. ABS= absorção de água. IE= inchamento em espessura. TU= teor de umidade. MOR= módulo de ruptura. MOE= módulo de elasticidade.

Os valores de tração dizem respeito as ligações internas dos painéis, e se apresentam fortemente relacionados positivamente com módulo de ruptura e módulo de elasticidade, o que é esperado, visto que quanto maior as ligações internas do painel, maios a sua resistência a elasticidade e ruptura, sendo assim , os valores apresentam aumento simultaneamente.

A propriedade de absorção de água apresentou-se correlacionada negativamente aos módulos de ruptura e elasticidade, justificado pela resistência a ruptura e elasticidade ser caraterísticas de painéis com menor quantidade de espaços vazios, o que resulta em menor absorção de água, ou seja, quanto maio MOR e MOE, menor a absorção de água.

Os ensaios apresentaram alto desvio padrão das médias, o que pode ter influenciado aos resultados não apresentarem diferença significativa entre os tratamentos. Isso pode ser explicado devido ao pequeno número de unidades amostrais, sendo assim o aumento das unidades amostrais nos próximos trabalhos podem vir a diminuir tamanha diferença, e apresentar significâncias das propriedades físicas e mecânicas nos tratamentos.

O tamanho das partículas pode ter efeito direto na interação entre as mesmas e nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis que estas compõem. Não foram apresentadas diferenças significativas recomendado a utilização de granulometrias maiores, devido a maior facilidade de produção.

Conclusões

O tamanho da partícula não exerceu influência significativa sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis de bagaço de cana.

Foi observada a correlação positiva entre as propriedades mecânicas e negativa entre absorção de água e as propriedades de MOR e MOE.

Por não haver diferença significativa entre as propriedades em função da granulometria, recomenda-se painéis de bagaço de cana com maiores granulometrias.

Referências Bibliográficas

IWAKIRI, S.; SANCHES, G. F.; POTULSKI, D. C.; SILVA, J. B.; ANDRADE, M.; MARCHESAN, R. (2012) Avaliação do potencial de uso de espécies de pínus tropicais e eucalipto da produção de painéis compensados uréicos. Floresta. V. 42, N. 2, pp. 277 – 284.

IWAKIRI, S.; STINGHEN, A. B. M.; SILVEIRA, E. L.; ZAMARIAN, E. H. C.; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. (2008) Influencia da massa especifica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. *Floresta.* V.38, N.3.

MACEDO, L. B.; FERRO, F. S.; VARANDA, L. D.; CAVALHEIRO, R.S. (2015) Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. V.19, N.7, pp. 674 – 679.

SOARES, S. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; PROTÁSIO, T. P.; LISBOA, F. J. N. (2017) Valorização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados de baixa densidade. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science*). V.8, N.2, pp. 64 – 73.

QUALIDADE DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE RESÍDUOS DE SORGO E MADEIRA

Dênis Kelington Ferreira Machado[1], Juliana Ceccato Ferreira[1], Carlos Rogério Andrade[1], José Benedito Guimarães Júnior[2], Stéfanne Alves de Souza[1].

[1]*Universidade Federal de Goiás, deniskelington@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal de Lavras*

Resumo

No Brasil entre os resíduos agrícolas com potencial para produção de painéis aglomerados, destaca-se o sorgo que é um material lignocelulósico produzido em diversos países. Deste modo o objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos a partir de resíduos de sorgo e serragem de um mix de madeiras. Foram confeccionados painéis com diferentes proporções de sorgo:madeira que constituíram os tratamentos 1 (0:100), 2 (25:75), 3 (50:50), 4 (75:100) e 5 (100:100). A densidade nominal estabelecida foi de 0,60 g/cm³ e as condições de prensagem foram de 180°C em uma pressão de 45,29 Kgf/cm^2, durante um tempo de 30 min. O adesivo utilizado foi a ureia-formaldeído com adição de 8% de sólidos em relação a massa seca de partículas. Foram determinadas as propriedades físicas (densidade aparente e teor de umidade) e mecânicas (resistência à tração, módulo de ruptura e módulo de elasticidade pelo ensaio de flexão). Os valores de densidade aparente e teor de umidade, foram de 0,55 ± 0,04 g/cm^3 e 7,62 ± 0,18%, respectivamente. Para tração, MOR e MOE, os valores médios foram 0,77 ± 0,63 kgf/cm², 40,24 ± 8,13 kgf/cm² e 8170,01 ± 1802,45 kgf/cm². Para as propriedades físicas analisadas não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os diferentes tratamentos afetaram significativamente as propriedades mecânicas pois conforme se aumentou a porcentagem de sorgo e reduziu a de madeira se teve uma diminuição na resistência, sendo então preferível painéis com maior porcentagem de madeira.

Palavras-chave. Resíduos agrícolas. Painéis reconstituídos. Biomassa florestal.

Introdução

O painel aglomerado é produzido a partir junção de partículas de madeira impregnadas com adesivo ureia-formaldeído e consolidado através da aplicação de calor e pressão (IWAKIRI et al., 2008). De acordo com o autor o produto é amplamente empregado na fabricação de móveis, em função de suas características tecnológicas, custo competitivo e escala de produção. Segundo Mello et al. (2009), as chapas aglomeradas podem ser produzidas partindo de qualquer material ligno-celulósico que proporcionem resistência mecânica satisfatória com massa específica pré-estabelecida.

As indústrias de painéis utilizam madeira de florestas plantadas, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. No entanto, devido ao grande crescimento apresentado pelo setor e pelo crescimento da construção de móveis, os quais são os principais consumidores, houve um aumento na demanda por matéria-prima, o que leva à procura de outros tipos de materiais de rápido crescimento que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa com o setor (MENDES et al., 2012). Protásio et al. (2015), também ressalta a necessidade de uma diversificação do setor, especialmente dos painéis reconstituídos, por meio da introdução de novas matérias-primas nas indústrias diminuindo assim a necessidade de implantação de novos plantios florestais. Uma boa alternativa é o uso de resíduos agrícolas como soja, sorgo, milho e milheto, e de resíduos advindos do processamento de madeiras nativas em serrarias.

No entanto, seu beneficiamento precisa de maior atenção devido à quantidade de resíduos que gera (LACOMBE, 2015). Dentre os resíduos agrícolas com potencial para produção de painéis aglomerados, destaca-se o sorgo que é um material lignocelulósico produzido em diversos países. De acordo com o 11º Levantamento de Safras da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab divulgado em agosto/2018, a estimativa de produção do sorgo no Brasil é de 2,1 milhões de toneladas, em área plantada de 761,5 mil hectares. Também de acordo com a Conab os principais países produtores da cultura do trigo são Argentina, Estados Unidos e Nigéria, e o Brasil fica na 9° colocação a nível mundial (CONAB, 2018).

Segundo Iwakiri (2005) a baixa densidade básica de materiais é um dos principais requisitos para que materiais lignocelulósicos sejam usados na produção de aglomerados, o que demonstra o potencial para utilização dessas biomassas para produção de painéis reconstituídos, visto que painéis com baixa densidade utilizam maior número de partículas para se ter um mesmo volume compactado, aumentando, assim, a razão de compactação, que influencia em uma melhor qualidade das propriedades físico-mecânicas.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos a partir de resíduos de sorgo e serragem de um mix de madeiras.

Material e Métodos

Os materiais utilizados para a produção dos painéis, foram resíduos de pós-colheita de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e serragem de um mix de madeiras. A biomassa de sorgo foi obtida após a colheita do sorgo em um plantio experimental na Universidade Federal de Goiás, Regional - Jataí, em Jataí-GO e a serragem foi obtida em uma serraria localizada na cidade de Jataí, advinda de madeiras nativas e exóticas comercializadas pela serraria.

Os materiais foram triturados em um moinho de facas tipo Willey e em seguida passaram pela peneira com malhas de 35 mesh, instaladas em um agitador mecânico de partículas, visando a homogeneidade granulométrica do material. A fração retida na peneira de 35 mesh foi utilizada na confecção dos painéis.

Para a confecção dos painéis, as biomassas de sorgo e a serragem foram secas em estufa em temperatura de 90°C por 24 horas e, em seguida, misturadas em diferentes proporções, que constituíram os tratamentos, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Delineamento experimental para a confecção de painéis com diferentes proporções de sorgo e madeira.

Tratamento	Sorgo (%)	Madeira (%)
1	0	100
2	25	75
3	50	50
4	75	25
5	100	0

Adicionou-se 8% de sólidos de adesivo ureia-formaldeído às partículas em relação à massa absolutamente seca de partículas. O teor de sólidos do adesivo era de 64,7%. O adesivo foi misturado às partículas manualmente, obtendo então o colchão que passou por uma pré-prensagem manual. Logo em seguida foi para a prensagem com temperatura de forno de 180°C, uma pressão de 45,29 Kgf/cm^2, durante um tempo de 30 min. Cada painel teve uma dimensão de 200 mm x 200 mm x 15 mm, com uma densidade nominal de 0,60 g/cm^3.

Após a produção dos painéis, os mesmos foram acondicionados em câmara climática até atingir a umidade de equilíbrio, nas condições de 65 ± 5% de umidade relativa e temperatura de 20 ± 3°C para, em seguida, realizar a determinação das propriedades físicas (Densidade aparente e teor de umidade) e mecânicas (resistência à tração, módulo de ruptura e módulo de elasticidade pelo ensaio de flexão), de acordo com a norma NBR 14810 (ABNT, 2002).

A análise dos dados foi feita com o software Statistica. Para a confecção dos painéis considerou-se um delineamento casualizado, composto por diferentes porcentagens de madeira:sorgo que constituíram cinco tratamentos, cada um com 3 repetições, totalizando 15 unidades amostrais. Realizou-se a análise de variância (Anova) entre os tratamentos e quando se observou diferença significativa aplicou-se o teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão para estimar as variáveis dependentes em função das diferentes proporções dos materiais utilizados. Além disso foi feita a correlação de Pearson entre as variáveis dependentes e independente.

Resultados e discussão

Para as propriedades físicas de densidade aparente e teor de umidade analisadas de acordo com o teste de médias de Tukey, não ouve diferença significativa entre os tratamentos, com valores de 0,55 ± 0,04 g/cm^3 e 7,62 ± 0,18% respectivamente. Para as propriedades mecânicas houve diferença significativa entre os tratamentos. Os dados obtidos destas propriedades estão na tabela a seguir.

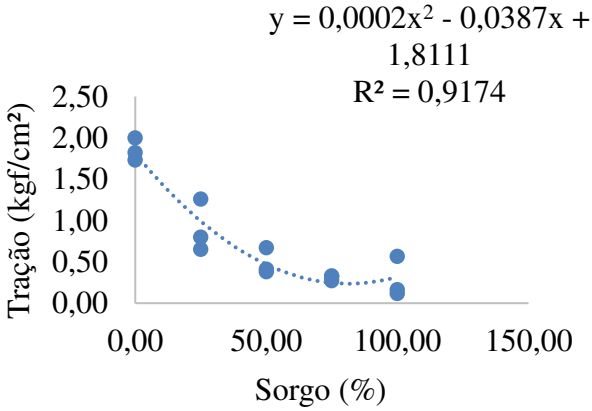
Tabela 2. Teste de médias de Tukey, para as propriedades mecânicas nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Tração (kgf/cm²)	MOR (kgf/cm²)	MOE (kgf/cm²)
1	1,85 ± 0,14 a	47,79 ± 2,06 a	8976,49 ± 757,76 b
2	0,90 ± 0,32 b	45,43 ± 0,21 a	10624,65 ± 31,60 a
3	0,48 ± 0,16 c	44,96 ± 1,02 a	8599,29 ± 309,40 b
4	0,31 ±0,032 c	30,46 ± 4,77 b	6765,72 ± 789,45 c
5	0,28 ± 0,25 c	32,55 ± 6,55 b	5883,89 ± 600,15 c

Onde: Valores seguidos da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a tração o teste de médias, mostra que o tratamento 1 foi o que obteve maior resistência, seguido do tratamento 2 em relação aos demais tratamentos. Mostrando assim que conforme se aumenta a porcentagem de sorgo se tem uma queda de resistência, sendo preferível painéis com maior porcentagem de madeira. Já para o ensaio de flexão, podemos observar que até a relação de 1:1 de madeira:sorgo não se tem diferença significativa para o MOR, e no caso do MOE, o melhor tratamento foi o segundo, seguido dos tratamentos 2 e 3. Desta forma podemos dizer que conforme se tem um aumento na proporção de sorgo em relação a madeira, se tem uma queda na resistência do painel.

Para as propriedades em que houve diferença significativa entre os tratamentos, foi gerada a análise de regressão, com objetivo de verificar a tendência de variação de resistência de acordo com a proporção de resíduo de sorgo adicionada, conforme a Figura 1.



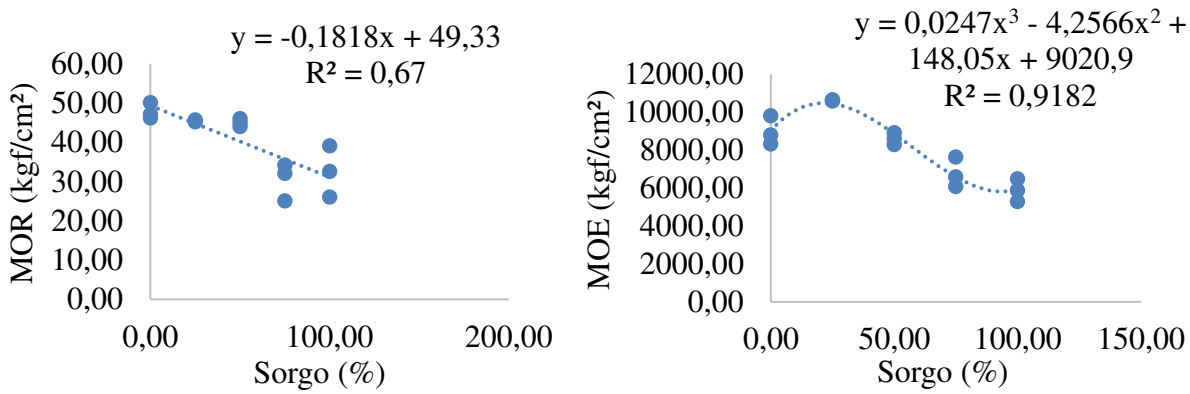


Figura 1. Gráficos de análise de regressão para Tração, MOR e MOE.

Para a análise de regressão foram geradas equações, no qual a que melhor se ajustou para a variável tração foi uma equação de segundo grau, para MOR foi uma equação linear e para MOE uma equação de terceiro grau. Todas as equações foram satisfatórias, pois apresentaram um coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,66.

Para analisar a influência dos diferentes tratamentos nas diferentes propriedades, podemos observar a análise de correlação das variáveis dependentes e independente, apresentada na Tabela a seguir.

Tabela 4. Correlação entre as variáveis dependentes e independente.

	Tratamento	**TU**	**Densidade**	**Tração**	**MOR**	**MOE**
Tratamento	1,00					
TU	0,45	1,00				
Densidade	-0,38	-0,73*	1,00			
Tração	-0,87*	-0,38	0,33	1,00		
MOR	-0,83*	-0,21	0,22	0,71*	1,00	
MOE	-0,82*	-0,39	0,42	0,55*	0,83*	1,00

Onde: *Significativo ao nível de 5% de probabilidade e TU = Teor de umidade.

Pode-se observar que o tratamento (adição de sorgo), teve uma relação inversamente proporcional com as propriedades mecânicas, ou seja, quanto maior a proporção de sorgo em relação a madeira, menor é a resistência dos painéis. Para a densidade em relação ao teor de umidade observou-se que se teve também uma relação inversamente proporcional. Se tratando das propriedades físicas em relação as propriedades mecânicas, não se teve influência entre os resultados. Em relação as propriedades mecânicas obtivem-se uma relação diretamente proporcional entre elas.

Conclusões

Para as propriedades físicas não ouve diferença significativa entre os tratamentos. Os diferentes tratamentos afetaram significativamente as propriedades mecânicas.

Conforme aumentou a porcentagem de sorgo e reduziu a de madeira se teve uma queda na resistência mecânica, sendo preferível painéis com maior porcentagem de madeira.

Foi possível gerar equações matemáticas que indicaram a variação das propriedades mecânicas em função da variação de sorgo e madeira.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14810-3**: Chapas de madeira aglomerada - métodos de ensaio. São Paulo: ABNT, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Boletim safra de grãos. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 18 abril. 2019.

IWAKIRI, S.; STINGHEN, A. B. M.; SILVEIRA, E. L.; ZAMARIAN, E. H. C.; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. Floresta, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, jul./set. 2008.

Lacombe, Jane Eliza de Almeida. Painéis de madeira aglomerada produzidos com resíduos de serragem e poliestireno expandido para aplicações na construção civil. Diss. Universidade de São Paulo, 2015.

MELO, R.R.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C. R.; STANGERLIN, D.M. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460, out./dez. 2009.

PROTÁSIO, T. P.; MENDES, R. F.; SCATOLINO, M. V.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MELO, I. C. N. A. Estabilidade térmica de painéis aglomerados de bagaço de canade-açúcar e madeira de Pinus spp. Scientia Forestalis, v. 43, n. 107, p.683-691, 2015.

Teor de Sólidos Solúveis Totais de Biomassa de Farinha de Mandioca Vencida Submetida Hidrólise Alcoólica e Ácida

Gabriel Menon de Lima[1] Wallace Lima Paulo[2], Maria Cristina Souza[3], Julianno Pizzano Ayoub[4], Cynthia Beatriz Furstenberger[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste- Guarapuava, Paraná, Brasil, gabrielmenon@gmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[3]*Universidade Estadual do Centro Oeste*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

[5] *Universidade Estadual do Centro Oeste, Programa de Pós Graduação em Bioenergia*

Resumo

O amido é o principal composto da farinha e a utilização desse material pode ser uma fonte alternativa para a geração de bioetanol. O objetivo desse trabalho foi de quantificar o teor de ºBrix em amostras de farinha de mandioca vencida que foram sujeitas à hidrólise alcoólica. Foram utilizados as folhas e os caules das plantas, processados em liquidificador. As amostras foram analisadas em sua umidade natural. Em cada ensaio de hidrólise foram utilizados 2 gramas de farinha para 20 mL de solução. Inicialmente foi feito um triplicata um teste de hidrolise de trinta minutos a temperatura ambiente contendo as proporções entre água:álcool de **100:0, 90:10, 50:50, 25:75** e **0:100**. Posteriormente foram testadas em duplicatas quatro diluições: **(1)** 2 mL de ácido fosfórico e 18 mL de água destilada; **(2)** 3 mL de ácido fosfórico e 17 mL de água destilada . **(3)** 2 mL de ácido fosfórico, 1.8 mL de álcool 98% e 16.2 mL de água destilada; **(4)** 3 mL de ácido fosfórico, 1.8 mL de álcool 98% e 15.2 mL de água destilada. O ácido utilizado possuía concentração de 85%, peso molecular 98, densidade 1,685 e cor APHA 30. Os ensaios foram realizadas em capela, por um agitador magnético a temperatura de 30ºC, durante trinta minutos. Os ensaios foram realizados em erlenmeyers de 100 mL. Os teores de sólidos totais foram medidos através de um refratômetro digital portátil de grau brix. As diluições **(1), (2), (3)** e **(4)** apresentaram ºBrix em média de 9.4; 14; 12; e 14.6, respectivamente, após trinta minutos. As triplicatas contendo as proporções entre água:álcool de **100:0, 90:10, 50:50, 25:75** e **0:100** apresentaram resultados médios do teor de sólidos solúveis totais (ºBrix) de 2.1; 3.2; 8; 15.3; 19.1; e 22, respectivamente. As amostras com maiores quantidades de ácido fosfórico foram as que apresentaram maior aumento do ºBrix. Portanto, para as condições de análise, os tratamentos utilizando as soluções (3) e de proporção entre água:álcool de 50:50 apresentaram ºBrix mais favoráveis para um processo fermentativo.

Palavras-chave. Bioetanol. Amido. ºBrix. Energia.

USO DE CINZAS DE CASCA DE ARROZ PARA PRODUÇÃO DE SUPORTES CATALÍTICOS DO TIPO Si-MCM-41

Bárbara Bulhões Cazula[1,2], Ana Carolina Camargo[1*], Renata Oliveira da Fonseca[3], Fábio Bellot Noronha[3] e Helton José Alves[1]

[1] *Laboratório de Catálise e Produção de Biocombustíveis (LabCatProBio) – Universidade Federal do Paraná (UFPR – Palotina)*
[2] *Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Estadual de Maringá (UEM)*
[3] *Instituto Nacional de Tecnologia (INT) do Rio de Janeiro*

**e-mail: anaccamargo96@gmail.com*

Resumo

A peneira molecular Si-MCM-41 tem despertado interesse quanto a essa aplicabilidade como suportes catalíticos devido a suas características como alta estabilidade mecânica e área específica. Entre os reagentes necessários para síntese deste material está a fonte de sílica, geralmente sintética, mas que pode ser substituída por uma fonte alternativa, de menor impacto ambiental e a fim de reduzir custos, como é o caso de alguns resíduos agroindustriais ricos em SiO_2, como a cinza de casca de arroz (CCA). O presente trabalho teve como objetivo sintetizar peneiras moleculares Si-MCM-41 pelo método hidrotérmico utilizando como precursor de sílica a sílica proveniente das cinzas da casca de arroz (CCA). Os suportes sintetizados foram caracterizados pelas técnicas de fisissorção de nitrogênio e DRX. Os suportes identificados como CCA 1 e CCA 2 foram impregnados com 20% de Ni. Os catalisadores foram aplicados na reação de reforma a seco do metano e os resultados para os catalisadores foram promissores. Nesse sentido, foi possível concluir que a sílica de cinzas da casca de arroz pode ser aplicada com eficiência como fonte de sílica na obtenção das peneiras moleculares Si-MCM-41 diminuindo os custos relacionados a fonte de sílica comercial.

Palavras-chave. Biomassa residual; fontes de sílica; beneficiamento da biomassa.

Introdução

As peneiras moleculares do tipo Si-MCM-41, materiais desenvolvidos pelos pesquisadores da Mobil Oil Corporation, têm atraído grande interesse desde sua descoberta nos anos 90. Suas propriedades físicas como elevada área específica, volume e diâmetro de poros controláveis, permite que estes sejam aplicadas como adsorventes, suportes catalíticos e catalisadores heterogêneos em diversos ramos da indústria química (BRAGA et al., 2013).

As condições de preparo da Si-MCM-41 influenciam na sua obtenção e entre os componentes utilizados para sua síntese está a sílica que geralmente provém de uma fonte comercial, como é o caso do ortossilicato de tetraetila (TEOS), um precursor de sílica sintético e de elevado custo. Dessa forma, fontes alternativas de sílica podem ser aplicadas

com o intuito de tornar o processo de síntese mais sustentável e mais barato (AGUIAR, 2017).

A utilização de um material de baixo valor agregado, por sua vez caracterizado como um resíduo agroindustrial, em um processo de beneficiamento, como o uso das cinzas da casca de arroz como matéria-prima para produção de Si-MCM-41, acarreta inúmeros benefícios, principalmente, relacionados à redução de impactos ambientais causados pelo descarte indevido da casca de arroz e à diminuição dos custos relacionados à produção dos catalisadores (MA et al., 2016).

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo otimizar a síntese das peneiras moleculares Si-MCM-41 para serem empregadas como suporte catalíticos utilizando como precursor de sílica a sílica proveniente das cinzas da casca de arroz (CCA).

Material e Métodos

A casca de arroz utilizada na síntese dos suportes foi fornecida pela empresa Pirahy Alimentos Ltda, e, para o conhecimento da sua composição, foi utilizada a técnica de fluorescência de raios X (FRX). O processamento da casca de arroz foi realizado pelo Departamento de Engenharia Química e de Engenharia de Alimentos (Centro Tecnológico) da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

A síntese das peneiras moleculares foi realizada segundo metodologia proposta por Cheng et al. (1997) nas condições de 120 ºC e 160 ºC com dois dias de envelhecimento. As amostras foram identificadas como CCA 1 (120 ºC) e CCA 2 (160 ºC). Os catalisadores Ni/Si-MCM-41 foram impregnados com 20% de níquel segundo metodologia de Mezalira (2011).

Os suportes e os catalisadores foram caracterizados pelas técnicas de fisissorção de nitrogênio e difratometria de raios X (DRX).

Os ensaios catalíticos foram realizados no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) do Rio de Janeiro. Foi utilizada uma vazão gasosa total de 100 mL min^{-1}, razão molar teórica igual a 1,33, temperatura de 800 ºC e tempo de reação de 24 horas. As análises dos produtos gasosos obtidos foram realizadas em linha em cromatógrafo a gás Agillent, modelo 6890A.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos a partir da fluorescência de raios X (FRX) para as cinzas de casca de arroz podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química das cinzas de casca de arroz obtida por meio de análise de FRX

Óxidos	Quantidade (% $_{(m\,m^{-1})}$)
P.F.*	1,20
SiO_2	76,50
Al_2O_3	0,12
Fe_2O_3	0,03

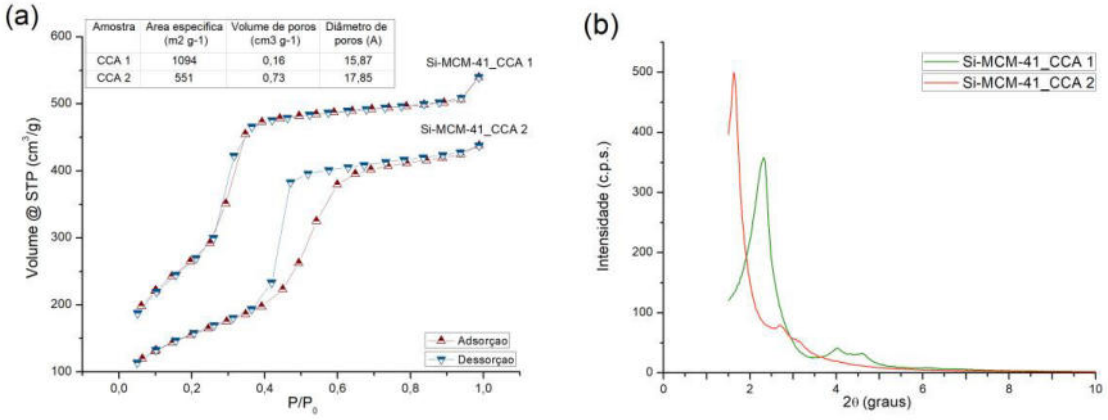
TiO_2	0,01
CaO	0,03
MgO	0,02
K_2O	0,41
Na_2O	10,20
ZrO_2	-
P_2O_5	0,19
BaO	0,04
SO_3	10,40

*Perda ao fogo

Os resultados evidenciam que o SiO_2 é o componente mineral predominante na CCA conforme pode ser observado na tabela, com 76,5%, estando de acordo com os dados reportados na literatura (BRAGA et al., 2013).

As isotermas de adsorção e dessorção de N_2 para os suportes Si-MCM-41 podem ser observadas na Figura 1 (a). Na Figura 1 (b) é possível observar o resultado de DRX para ambos os materiais sintetizados.

Figura 1. Isotermas de adsorção e dessorção de N_2 para os suportes CCA 2 e CCA 3 (a); DRX para os suportes CCA 2 e CCA 3 (b)



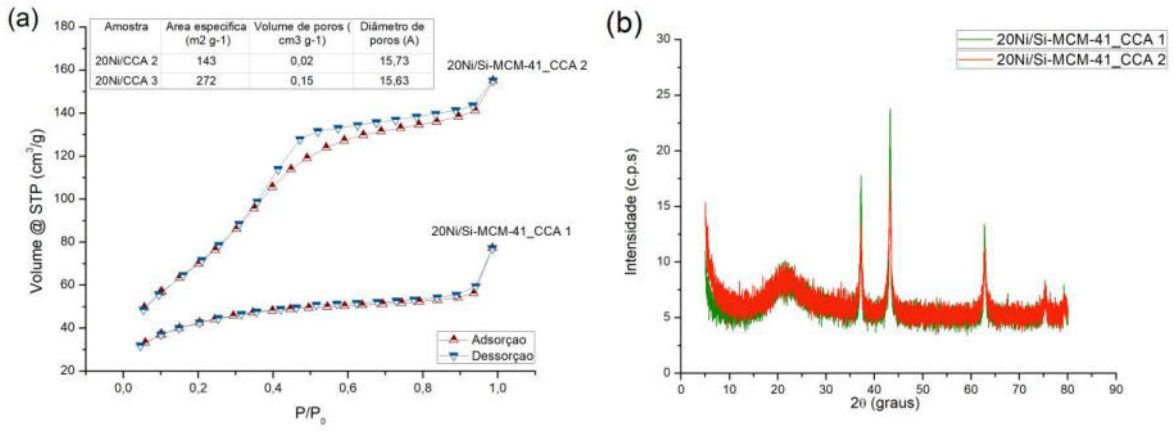
Os suportes Si-MCM-41 apresentaram isotermas do tipo IV(b), conforme classificação da IUPAC, atribuídas a materiais mesoporosos, como as peneiras moleculares. Em CCA 2, pode ser observado a histerese evidenciada que pode ser classificada como do tipo H1, o que sugere que os materiais apresentam uma distribuição de mesoporos uniforme, com poros cilíndricos abertos nas extremidades (THOMMES et. al., 2015). É possível observar que os materiais sintetizados apresentaram valores elevados de área específica e volume de poros, típicos de peneiras moleculares tipo Si-MCM-41.

Os suportes apresentaram os picos em ângulos pequenos, característicos de peneiras moleculares tipo Si-MCM-41. O primeiro pico em 2° 2θ é mais intenso e corresponde ao plano 100, que indica que o material apresenta estrutura hexagonal de mesoporos. Os picos de menor intensidade em torno de 4° 2θ podem ser observados, e se referem aos planos 110 e

200, os quais indicam a organização das estruturas hexagonais dos sistemas de poros (CHENG et al., 1997; SCHWANKE E PERGHER, 2012).

As isotermas de adsorção e dessorção de N_2 para os catalizadores 20Ni/Si-MCM-41_CCA 1 e 20Ni/Si-MCM-41_CCA 2 podem ser observadas na Figura 2 (a). Na Figura 2 (b) é possível observar o resultado de DRX para ambos os catalisadores.

Figura 2. Isotermas de adsorção e dessorção de N_2 para os catalisadores 20Ni/Si-MCM-41_CCA 1 e 20Ni/Si-MCM-41_CCA 2 (a); DRX para os catalisadores (b)

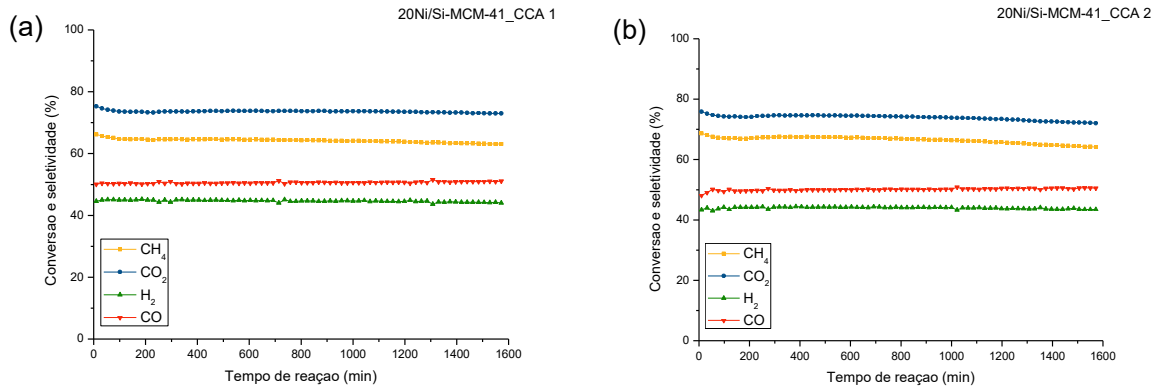


Com os dados apresentados pode-se observar que os catalisadores 20Ni/Si-MCM-41_CCA 1 e 20Ni/Si-MCM-41_CCA 2 apresentaram isoterma tipo IV e a histerese, evidenciada no material 20Ni/CCA 2, pode ser classificada como do tipo H1, perfil muito semelhante com os apresentados pelos seus respectivos suportes precursores (THOMMES et. al., 2015). Observa-se a perda de área específica e também de volume de poros para os catalisadores em comparado a seus respectivos suportes, fenômeno que está diretamente associado ao processo de impregnação do metal em sua superfície.

Por meio dos gráficos de DRX, pode-se observar que todos os catalisadores apresentaram picos em 37, 43, 63 e 75 2θ, os quais indicam a presença de óxido de níquel cúbico de fase centrada (SILVA et al., 2012).

Os catalisadores foram aplicados à reação de reforma a seco do metano visando a produção de gás de síntese (H_2 e CO). Os resultados de conversão e seletividade, observados na Figura 3 (a e b), mostram que o catalisador para 20Ni/Si-MCM-41_CCA 1 e 20Ni/Si-MCM-41_CCA 2 apresentam perfil muito semelhante. O catalisador 20Ni/CCA 1 se mostrou mais estável em 24h de reação e apresentou valores de conversão para CH_4 e CO_2 iguais a 64% e 73%, respectivamente, enquanto que para o catalisador 20Ni/CCA 2, valores iguais a 65% e 74% foram obtidos.

Figura 3. Resultados de conversão e seletividade para os catalisadores 20Ni/Si-MCM-41_CCA 1 (a) e 20Ni/Si-MCM-41 (b) quando aplicados na reforma a seco do metano



Os resultados para seletividade de H_2 e CO também foram muito semelhantes quando comparado os dois catalisadores CCA, sendo iguais a 44% e 50% para 20Ni/Si-MCM-41_CCA 1 e iguais a 43% e 50% para 20Ni/Si-MCM-41_CCA 2. Com relação a formação de coque, os resultados para ambos os catalisadores também foram muito semelhantes, sendo encontrado valores de 10,0 mg C g cat^{-1} h^{-1} para o catalisador 20Ni/CCA 1 e 10,3 mg C g cat^{-1} h^{-1} para o catalisador 20Ni/CCA 2.

Conclusões

Os suportes sintetizados puderam ser classificados como Si-MCM-41, uma vez que apresentaram estrutura hexagonal de mesoporos, evidenciadas por meio das análises de caracterização estrutural. Quando aplicados a reforma a seco do metano, pode ser observado que os catalisadores apresentaram perfis de rendimento semelhante. O catalisador 20Ni/CCA1 se mostrou mais estável em 24h de reação. Os resultados para seletividade de H_2 e CO também foram muito semelhantes quando comparado os dois catalisadores CCA. Nesse sentido, foi possível concluir que a sílica de cinzas da casca de arroz é capaz de substituir com eficiência o TEOS na obtenção dos suportes Si-MCM-41.

Agradecimentos

Ao Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás). Esse trabalho foi apoiado pelo programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico da COPEL, PD 2866-0470/2017 e PD-06491-0287/2012.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, M. (2017). Síntese de catalisadores de níquel suportados em MCM-41 obtida a partir de diferentes fontes de sílica e sua aplicação na reforma a seco do metano. Dissertação. Pós-Graduação em Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais, Universidade Federal do Paraná.

BRAGA, R. M., TEODORO, M. N., AQUINO, F. M., BARROS, J. M. F., MELO, D. M. A., FREITAS J. C. O. (2013) Síntese da peneira molecular mcm-41 derivada da cinza da casca do arroz. HOLOS, v. 5, p. 40-49.

CHENG, C. F., PARK, D. H., KLINOWSKI, J. (1997) Optimal parameters for the synthesis of the mesoporousmolecular sieve [Si]-MCM-41. Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions, v. 93, n. 1, p. 193-197.

MA, Y., CHEN, H., SHI, Y., YUAN, S. (2016) Low cost synthesis of mesoporous molecular sieve MCM-41 from wheat straw ash using CTAB as surfactant. Materials Research Bulletin, v. 77, p. 258-264.

MEZALIRA, D. Z.(2011). Preparação e caracterização de materiais com propriedades catalíticas para a obtenção de Hidrogênio e carbono nanoestruturado a partir da decomposição do etanol e do glicerol. Tese. Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHWANKE, A. J., PERGHER, S. B. C. (2012). Peneiras moleculares mesoporosas MCM-41: uma perspectiva histórica, o papel de cada reagente na síntese e sua caracterização básica. Perspectivas, v. 36, p. 113-125.

SILVA, A. S., DA SILVA, F. L. H., CARVALHO, M. W. N. C., PEREIRA, K. R. (2012). O. Hidrólise de celulose por catalisadores mesoestruturados NiO-MCM-41 e MoO3-MCM-41. Química Nova, v. 35, n. 4, p. 683-688.

THOMMES, M., KANEKO, K., NEIMARK, A. V., OLIVIER, J. P., RODRIGUEZ-REINOSO, F., ROUQUEROL, J., SING, K. S. (2015) Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, v. 87, n. 9-10, p. 1051-1069.

Production of micro-mesoporous activated carbons from various citrus waste

Christian Manera[1], Daniele Perondi[1], Gabriela Reginato Bassanesi[1] e Marcelo Godinho[1]

[1] *University of Caxias do Sul, Caxias do Sul-RS, Brazil. E mail: cmanera1@ucs.br*

Abstract

The objective of this work is the production of activated carbons from citrus waste through pyrolysis followed by CO_2 activation. Four types of citrus fruits (orange, rangpur lime, mandarin and sweet lime) were pyrolyzed in a fixed-bed tubular reactor at 900 °C with a low heating rate (5 °C·min^{-1}). Char activation was carried out at 900 °C under CO_2 flow for 30 min. Chars showed very low surface area (~3 m^2·g^{-1}) while activated carbons presented surface areas in the range of 166.1 to 212.4 m^2·g^{-1}, confirming the efficiency of the activation process. The highest surface area (212.4 m^2·g^{-1}) was obtained for activated carbon from mandarine waste, with a relatively high yield of 79.9 wt% in the activation process. All activated carbon had a similar pore size distribution, mainly comprised in two regions: 1.5 - 2 nm (micropores) and 2 - 4 nm (mesopores). Finally, the use of citrus waste as a precursor for activated carbon production has proved to be suitable in order to valorize this residue.

Keywords. waste valorization, char, physical activation, microporous

Introduction

Citrus industry plays an important role in world economy. In 2016, the world production of citrus fruits reached 124.2 million tonnes, while Brazil accounts for 16.5 of the total production (FAO, 2016). Brazil is the world's largest producer of orange juice, accounting for approximately 60% of the orange juice produced worldwide and 50% of the international trade in this product.

The transformation of citrus fruits (orange, lemon, lime, grapefruit, etc.) generates wide amounts of waste, as about 50 - 65% of the processed fruit becomes citrus peel waste (composed of peel, seeds and membrane residues) (LOTITO et al., 2018). These wastes have no commercial applications, and they are usually spread on soil areas adjacent to the citrus juice industries, used as compost or they are just burned in open fields (ALVAREZ et al., 2018). This disposal of solid wastes causes significant environmental problems. For this reason, interest in alternative uses of these by-products is high (VOLPE et al., 2015). According to Lv et al. (2012), the production of high-quality carbon materials from these low-valued carbon sources opens an effective way to convert the waste carbon sources into a high-value-added product.

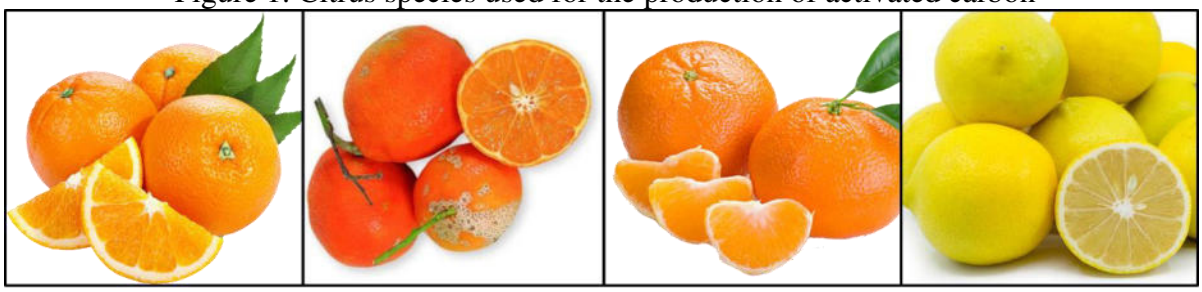
One of the valorization approaches is the use of citrus waste as a precursor for the production of activated carbon (TOVAR et al., 2019). The production of activated carbon by

physical activation can be performed in two steps: i) Firstly, biomass is carbonized in an inert atmosphere generating a carbonaceous material (char); ii) Secondly, char is activated under high temperatures (800 - 1000 °C) with CO_2 or steam for the development of porosity in the material (MANERA et al., 2016). The objective of this work is the preparation and characterization of activated carbons from citrus waste of 4 different fruits through pyrolysis followed by CO_2 activation.

Material and methods

Four types of citrus fruits were collected in a rural property located in Dois Lajeados, Rio Grande do Sul, Brazil: Orange, rangpur lime, mandarine and sweet lime. The different types of fruit used in this work are shown in Figure 1. The fruits were halved and the juice was extracted with a domestic squeezer. The fruit wastes comprising pulp, peels and seeds were dried at 80 °C for 48 h. Lastly, the wastes were milled in a knife mill for the pyrolysis experiments. The proximate analysis (volatile matter, ash and fixed carbon) of citrus waste was carried out following the procedures described in ASTM D1762.

Figure 1. Citrus species used for the production of activated carbon



Orange O | Rangpur lime RL | Mandarine M | Sweet lime SL

Pyrolysis

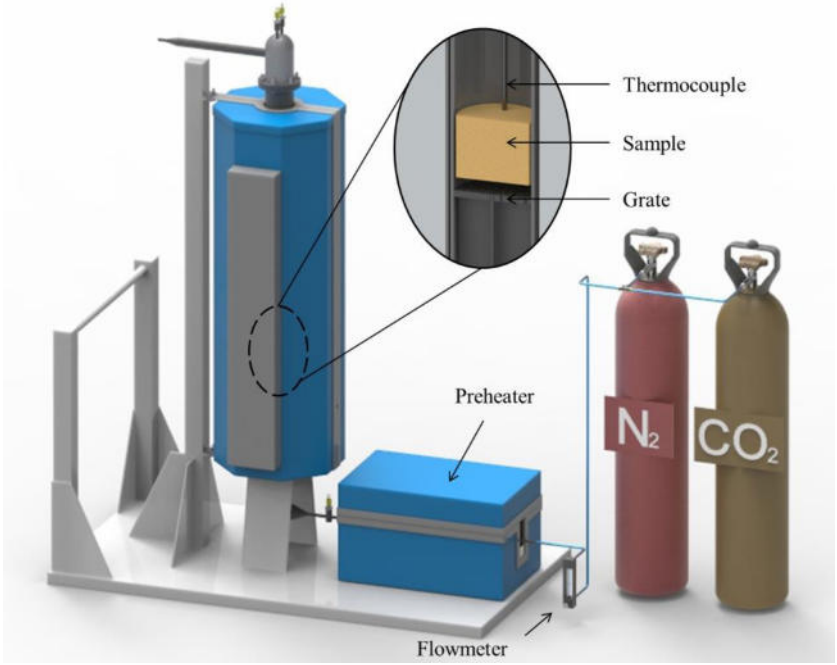
The pyrolysis was carried out in a fixed-bed tubular reactor, as shown in Figure 2. The reactor (85 mm internal diameter and 1270 mm length) and the grate were built with stainless steel AISI 310. The reactor was heated by 2 electrical resistances, each with 5.6 kW. In a typical run, 100 g of citrus waste was placed in the reactor and the reactor was heated to achieve the temperature of 900 °C with a heating rate of 5 °C·min^{-1}. A 15 min isotherm was used after the final temperature (900 °C) was reached. Experiments were conducted with 0.2 NL·min^{-1} N_2 flow and the preheating furnace was maintained at 300 °C.

After the reaction, the reactor was cooled down under nitrogen flow and char was removed after the reactor achieve the ambient temperature. Char yields in the pyrolysis experiments were calculated according to Equation 1.

$$Y_C = \frac{m_C}{m_B} \times 100 \quad (1)$$

where Y_C is the char yield (%), m_C is the char mass obtained after pyrolysis reaction (g) and m_B is the mass of citrus waste fed into the reactor (g). Char samples were named as xxW-C, where xx stands for the abbreviation of the fruits names shown in Figure 1. For example, OW-C means orange waste char.

Figure 2. Laboratory scale system for pyrolysis and activation



Physical activation

Physical activation of char with CO_2 was carried out in the same reactor used for pyrolysis experiments. 20 g of char was placed in the reactor and the reactor was heated to the activation temperature of 900 °C with a heating rate of 5 °C·min^{-1} and N_2 flow of 0.2 NL·min^{-1}, similar to the pyrolysis experiments. After reaching the final temperature, N_2 was replaced by CO_2 flow of 4.1 NL·min^{-1} and maintained for the activation time of 30 min. After the activation time, N_2 was used again while the system was cooling until room temperature was reached. The yield of carbon activation process was evaluated according to Equation 2.

$$Y_{AC} = \frac{m_{AC}}{m_C} \times 100 \quad (2)$$

where Y_{AC} is the activated carbon yield (%), m_{AC} is the activated carbon mass obtained after activation process (g) and m_C is the mass of char fed into the reactor (g). Similar to char samples, activated carbon samples were named as xxW-AC.

Characterization

N_2 adsorption isotherms: Specific surface area, total pore volume and average pore diameter were characterized by N_2 adsorption at 77 K in a Surface Area and Pore Size Analyzer (Quantachrome, Nova 1200). Prior to analysis, samples were outgassed under vacuum at 380 °C for 20 h. The specific surface area was measured by an 11-points BET method.

Results and discussion

The results of the proximate analysis of all four biomass samples are presented in Table **1**. The different citrus species presented negligible differences in volatile matter and fixed carbon content and only little differences in ash content, with the orange waste having the

lowest value of 2.1 wt%. These results of proximate analysis demonstrate that the volatile content of the citrus waste was in the range of 71 - 74 wt% and the fixed carbon content about 22 - 26 wt%. Similar values for citrus wastes were found by Alvarez et al. (2018) for orange waste (volatile matter 74.1 wt%, fixed carbon 23.6 wt% and ash 2.3 wt%) and by Volpe et al. (2015) for lemon wastes (volatile matter 72.8 wt%, fixed carbon 24.3 wt% and ash 2.9 wt%).

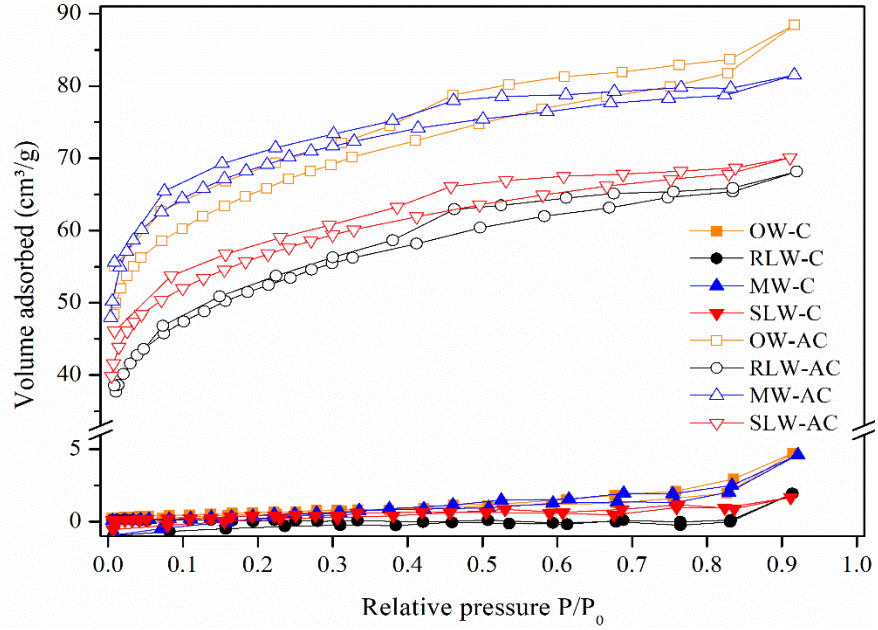
Table 1. Proximate analysis results for citrus waste

Sample	Volatile matter[a] (wt%)	Fixed carbon[a,b] (wt%)	Ash[a] (wt%)
OW	72.7	25.2	2.1
RLW	73.7	22.6	3.7
MW	71.2	25.6	3.2
SLW	71.9	24.5	3.6

[a] On a dry basis; [b] By difference.

The nitrogen adsorption-desorption isotherms at 77 K of the chars (xxW-C) and activated carbons (xxW-AC) are shown in **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, where it can be seen that the activation process sharply increased the N_2 adsorption capacity. According to the Brunauer et al. (1940) classification, accepted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), activated carbons exhibited combined characteristics of type I and IV isotherm. The type I isotherm can be associated with microporous structure while type IV isotherm is exhibited by the mixture of micropores and mesopores (ANGIN, 2014).

Figure 3. N_2 adsorption isotherms of chars and activated carbons



The strong adsorption of N_2 at very low relative pressures ($P/P_0 < 0.1$), shows the abundance of micropores in the material (LÓPEZ et al., 2011), while the further adsorption at higher pressures shows the presence of some mesopores. Furthermore, the slight rise of the isotherm near $P/P_0 > 0.9$ may indicate the presence of some macropores in the activated carbons structure (MANERA et al., 2016), especially for OW-AC. In addition, the isotherms showed a

small hysteresis loop, classified as type H4 according to the IUPAC nomenclature (SING, 1985), which is often attributed to narrow slit-like pores. Textural properties of char and activated carbons are shown in Table 2.

Table 2. Textural characteristics and yields of chars and activated carbons

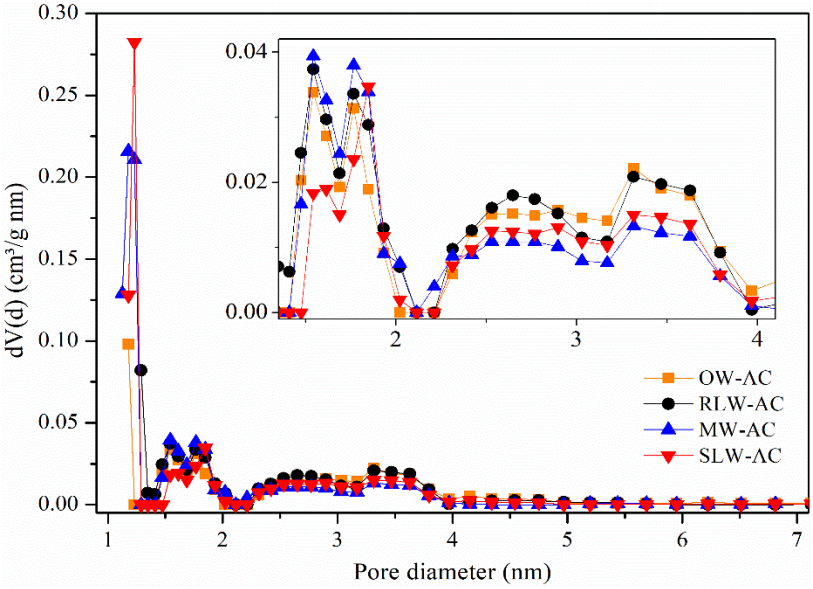
Sample	Surface area ($m^2 \cdot g^{-1}$)	Average pore diameter (nm)	Total pore volume ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	Yield[a] (%)
OW-C	2.7	10.95	0.007	29.1
RLW-C	0.2	55.04	0.003	30.1
MW-C	3.3	8.59	0.007	30.0
SLW-C	1.9	5.58	0.003	28.7
OW-AC	206.8	2.65	0.137	82.6
RLW-AC	166.1	2.54	0.105	79.5
MW-AC	212.4	2.37	0.126	79.4
SLW-AC	176.9	2.45	0.108	70.6

[a] calculated from equation 1 for char and equation 2 for activated carbon

Chars showed very low surface area because of its low pore volume, as proved by the low N_2 adsorption capacity. On the other hand, activated carbons presented a substantial improvement of surface area, mainly attributed to the development of the micropores. The highest surface area value of 212.4 $m^2 \cdot g^{-1}$ was achieved for the mandarine waste activated carbon. The activation process resulted in a high yield of activated carbon, higher than 70 wt%.

The produced activated carbons presented an average pore diameter in the range of 2.37 a 2.65 nm, near to the limit value for classification between microporous ($d < 2$ nm) or mesoporous ($2 < d < 50$ nm) activated carbon. An examination of the pore size distribution by means of the DFT method (Figure 4), revealed the presence of two well defined regions: The first in the microporous region, below 2 nm, and the second in the mesoporous region between 2 and 4 nm. Therefore, activated carbons produced by CO_2 activation of citrus waste chars can be described as a micro-mesoporous structure.

Figure 4. Distribution of pore sizes of activated carbons by the DFT method



Conclusions

Activated carbons with surface area above 200 $m^2 \cdot g^{-1}$ were successfully synthesized from citrus waste by physical activation. Its micro-mesoporous structure encourages its application for adsorption in both liquid and gas phases. Lastly, this study demonstrated a way of valorizing the citrus waste through its use as precursor for the production of activated carbons.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Research Support Foundation of the State of Rio Grande (FAPERGS) and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) [147439/2017] for financial support.

References

ALVAREZ, J.; HOOSHDARAN, B.; CORTAZAR, M.; AMUTIO, M.; LOPEZ, G.; FREIRE, F. B.; HAGHSHENASFARD, M.; HOSSEINI, S. H.; OLAZAR, M. Valorization of citrus wastes by fast pyrolysis in a conical spouted bed reactor. **Fuel,** v. 224, p. 111-120, 2018.

ANGIN, D. Utilization of activated carbon produced from fruit juice industry solid waste for the adsorption of Yellow 18 from aqueous solutions. **Bioresource Technology,** v. 168, p. 259-266, 2014.

ASTM. **D1762 - 84**. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. ASTM International, West Conshohocken, PA 2013.

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W. E.; TELLER, E. On a theory of the van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society,** v. 62, n. 7, p. 1723-1732, 1940.

FAO. **Citrus Fruit - Fresh and Processed - Statistical Bulletin 2016**. Available in : <http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf>. Access in: 20 Mar. 2019.

LÓPEZ, A.; DE MARCO, I.; CABALLERO, B. M.; LARESGOITI, M. F.; ADRADOS, A.; ARANZABAL, A. Catalytic pyrolysis of plastic wastes with two different types of catalysts: ZSM-5 zeolite and Red Mud. **Applied Catalysis B: Environmental,** v. 104, n. 3, p. 211-219, 2011.

LOTITO, A. M.; DE SANCTIS, M.; PASTORE, C.; DI IACONI, C. Biomethanization of citrus waste: Effect of waste characteristics and of storage on treatability and evaluation of limonene degradation. **Journal of Environmental Management,** v. 215, p. 366-376, 2018.

LV, Y.; GAN, L.; LIU, M.; XIONG, W.; XU, Z.; ZHU, D.; WRIGHT, D. S. A self-template synthesis of hierarchical porous carbon foams based on banana peel for supercapacitor electrodes. **Journal of Power Sources,** v. 209, p. 152-157, 2012.

MANERA, C.; POLI, J. V.; FERREIRA, S. D.; GODINHO, M.; POLETTO, P.; WANDER, P. R.; DETTMER, A. Development of porous carbon from leather shaving waste generated by leather industry. Part II. Effect of char demineralization and time activation in the surface area and pore size distribution. **The Journal of the American Leather Chemists Association,** v. 111, p. 413-421, 2016.

SING, K. S. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984). **Pure and Applied Chemistry,** v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

TOVAR, A. K.; GODÍNEZ, L. A.; ESPEJEL, F.; RAMÍREZ-ZAMORA, R.-M.; ROBLES, I. Optimization of the integral valorization process for orange peel waste using a design of experiments approach: Production of high-quality pectin and activated carbon. **Waste Management,** v. 85, p. 202-213, 2019.

VOLPE, M.; PANNO, D.; VOLPE, R.; MESSINEO, A. Upgrade of citrus waste as a biofuel via slow pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,** v. 115, p. 66-76, 2015.

IV CIBIO – dias 25, 26 e 27 de junho de 2019 – Curitiba, PR – Expotrade Convention Center

Capítulo 7. Biotecnologia e Bioengenharia de Biomassa

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE BIOGÁS E METANO A PARTIR DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS SUÍNO, BOVINO E DE AVES NA PRESENÇA DE INÓCULO ACLIMATADO

Munique Marder[1,2], Camila Hasan[2], Francielle Bucker[2,3], Odorico Konrad[2,3], Camille E. Granada[4]

[1]*Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) - Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil, mmarder@universo.univates.br.*

[2]*Centro de Pesquisa em Energias e Tecnologias Sustentáveis (CPETS / TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari - Univates.*

[3]*Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) - Universidade do Vale do Taquari - Univates.*

[4]*Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) - Universidade do Vale do Taquari - Univates.*

Resumo

O Vale do Taquari é uma região caracterizada pela produção de alimentos e tem o agronegócio como o principal setor econômico regional, o que desenvolve uma série de preocupações em relação aos resíduos orgânicos gerados e seu devido tratamento. A recuperação energética destes resíduos pode ser feita por meio do processo de digestão anaeróbia, obtendo-se o biogás. Melhores eficiências deste processo podem ser atingidas a partir da utilização de um inóculo microbiano – material previamente digerido e utilizado na iniciação de biodigestores. O inóculo auxilia na estabilidade do processo de digestão anaeróbia e, quando aclimatado, pode melhorar a estrutura microbiana do digestor e a eficiência da produção de biogás e metano (DECHRUGSA, KANTACHOTE, CHAIPRAPAT, 2013; LEE, HE, TONG, 2017). Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o rendimento de biogás e metano da codigestão anaeróbia de dejeto bovino, suíno e aves com inóculos aclimatados em diferentes condições de temperatura: Controlada (35º C) e ambiente (28±3,5ºC). Os inóculos foram preparados com uma mistura de dejeto bovino (17%), suíno (47%) e aves poedeiras (36%) e monitorados por 72 dias no Laboratório de Biorreatores Tecnovates da Univates – Lajeado/RS. Transcorrido o período de aclimatação, os inóculos foram utilizados em reatores com capacidade de 1 litro para codigerir uma mistura de dejetos bovino, suíno e de aves na avaliação do rendimento de biogás e metano em sistema batelada. A proporção de inóculo e da mistura de dejetos foi estabelecida de acordo com a Norma VDI 4630 (VDI 4630, 2006), que tem como premissa que, o teor de sólidos totais da mistura seja menor ou igual a 10% e que a razão entre gramas de sólidos voláteis (g_{SV}) da amostra pelas g_{SV} do inóculo deve ser igual a 0,5. Os reatores foram acondicionados em incubadoras bacteriológicas, onde a temperatura e os volumes de biogás foram monitorados diariamente pelo sistema automatizado de medição de biogás, conforme metodologia descrita por Konrad et al. (2016). O percentual de metano foi identificado por um sensor específico, denominado Advanced Gasmitter, produzido pela empresa PRONOVA Analysentechnik GmbH & Co. Os resultados obtidos no experimento em batelada mostraram que o rendimento de biogás e metano da codigestão na presença dos inóculos foi melhor do que somente a codigestão dos dejetos e que não houve diferença

significativa da codigestão com os inóculos nas diferentes temperaturas. Logo, conclui-se que a temperatura ambiente (28±3,5ºC) não interferiu no rendimento de biogás e metano da codigestão anaeróbia de dejeto bovino, suíno e aves na presença de um inóculo estabilizado. No entanto, ao avaliar somente a codigestão nas diferentes temperaturas, verificou-se que houve diferença significativa no rendimento de biogás e metano, sendo que a melhor performance foi obtida na maior temperatura.

Palavras-chave. Rendimento de biogás e metano. Inóculo estabilizado. Temperatura. Codigestão Anaeróbia.

Comparação estatística entre duas metodologias para a esterificação catalítica de ácidos graxos com álcool

Leonardo Corrêa Cordeiro[1], Luís Adriano Santos do Nascimento [2], Fabíola Fernandes Costa[3]

[1]*Graduando - Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil, e-mail: leocordeiro7991@gmail.com.*

[2]*Professor Doutor – Faculdade de Biotecnologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, e-mail: adrlui1@yahoo.com.br.*

[3]*Doutora – Campus Universitário de Salinópolis, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará , Brasil , e-mail: fabiolaffc@yahoo.com.br.*

Resumo

Devido a necessidade de fontes de combustíveis menos poluentes e com maior eficiência, tem-se o biodiesel que é um biocombustível que pode ser produzido a partir da esterificação catalítica de ácidos graxos com álcool. Por meio deste resumo tem-se o objetivo de comparar a eficiência descrita na literatura dos catalisadores da reação de esterificação utilizando Metacaulim ativado baseado nos estudos de OLIVEIRA et al. (2013), NASCIMENTO et al. (2011) e suas metodologias. Nas reações de esterificação os catalisadores foram ativados a 130ºC por 2h e 200ºC por 2h respectivamente, e na mistura do ácido oleico com metanol mais 5% de ácido solido foram 70ºC, 85ºC, 100ºC e 115°C agitados a 700rpm e o sistema mantido por 10, 20, 30 e 40 minutos; 130ºC por 2h com rotação de 500rpm respectivamente. OLIVEIRA et al. (2013) optou por usar radiação de micro-ondas no Metacaulim com 300W de 8 até 15 minutos tendo uma área superficial do Metacaulim por volta de 246 a 284 m²/g, tal método de micro-ondas possui a vantagem de produzir materiais volumétricos aquecidos uniformemente. Em seu estudo o catalisador mais eficiente foi MF8S4M4W15 alcançando uma taxa de conversão de 96,5% para esterificação do ácido oleico com metanol. No trabalho de NASCIMENTO et al. (2011) a MF9S4 foi o melhor catalisador atingindo uma taxa de 98,9% de conversão a 160ºC, tal sucesso em decorrência da maior área superficial do catalisador e seus sítios ácidos. Aplicou-se o teste estatístico ANOVA, mostrando que não houve diferença significativa entre os tratamentos referentes às variáveis área superficial (m^2/g), volume micro poroso (cm^3/g) e área micro porosa(m^2/g). Ambos catalisadores MF9S4 e MF8S4M4W15 podem ser considerados eficientes visto suas taxas de conversão 98,9% e 96,5% respectivamente, a diferença entre ambas está na metodologia, a de OLIVEIRA et al. (2013) tem vantagens por ser mais rápida e pela baixa temperatura de reação 115°C comparado a 160°C utilizada no trabalho de NASCIMENTO et al. (2011).

Palavras-chave. Biocombustível . Metacaulim . Esterificação Catalítica.

Evaluación y caracterización anatómica de tres especies de bambúes Colombianos para el desarrollo de biomateriales.

Vanessa Ruiz Marín[1], Andrés Prieto Muriel[2], Jorge Augusto Montoya Arango[3], Yiniva Camargo Caicedo[4], Valentina Diaz Henao[5].

[1] Bióloga, Estudiante de Maestria en Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, vane-713@hotmail.com.
[2]Ing.Quimico, Estudiante de Doctorado en Ingenieria, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colômbia.
[3]Ing.Mecanico, PhD Ciências Naturales, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colômbia.
[4] Ing. Química, Estudiante de Doctorado en Ciências Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colômbia.
[5]Quimica Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colômbia.

Resumen

Ante la inminente crisis generada por el impacto ambiental ocasionado por la fabricación y la inadecuada disposición de productos elaborados a partir del petróleo, la comunidad internacional está orientada hacia la búsqueda de materiales alternativos que cumplan con las especificaciones establecidas para cada aplicación generando así un menor impacto ambiental. Uno de los materiales biológicos que ha generado un gran interés son los bambúes; sus propiedades mecánicas, tasas de crecimiento elevadas y adaptabilidad, lo han puesto en el escenario de los materiales amigables con el medio ambiente y que pueden sustituir al petróleo como materia prima en varias aplicaciones. Colombia es un país mega diverso y cuenta con reportes de existencia de por lo menos 70 especies de bambú, de las cuales solo la Guadua (Guadua angustifolia Kunth) tiene un impacto económico y específicamente en la industria de la construcción. El bambú es una gramínea de alto porte que crece hasta 20 m de altura, sus tallos denominados culmos se dividen en nudos y entrenudos que tienen paredes de entre 0.5 y 4 cm de espesor, en dichas paredes se pueden identificar estructuras anatómicas denominadas haces vasculares que están embebidos en células parenquimáticas. Las paredes de los haces vasculares están formadas por múltiples capas de estructuras tubulares alargadas y lignificados conocidos como fibras; estos haces vasculares y las fibras pueden ser objeto de múltiples aplicaciones a nivel industrial. En este trabajo se pretende evaluar las propiedades de las fibras obtenidas de 3 especies de Bambúes leñosos existentes en Colombia con miras a su aprovechamiento para la fabricación de biomateriales, para lograrlo se obtuvieron muestras de Bambusa vulgaris spp, Guadua amplexifolia Presl y Guadua angustifolia Kunth, las fibras de cada material fueron individualizadas y caracterizadas en cuanto a sus dimensiones anatómicas, densidad aparente y proporción de los constituyentes en la pared del culmo hasta el momento hemos encontrado una longitud promedio entre 2126-3340 µm, un diámetro de 94,69-102,84 µm y un espesor de pared 37,88-43,93 µm . A partir de los resultados obtenidos de la caracterización logramos confirmar que las fibras de estos materiales tienen potencial para, fabricación de pulpa y papel, materiales de ingeniería y biocompuestos, entre otras aplicaciones. A partir de estos datos es posible priorizar los productos a desarrollar de acuerdo a las características particulares de cada especie.

Palabras-clave: *Bambú, Bambusa vulgaris spp, Biomateriales Fibras naturales, Guadua amplexifólia Presl, Guadua angustifólia Kunth.*

Hidrólise básica como método potencial para a extração da fração hemicelulósica da biomassa do bagaço de cana

Ariane Fátima Murawski de Mello[1], Kim Valadares Diestra[2], Carlos Ricardo Soccol[2], Luciana Porto de Souza Vandenberghe[2]

[1]*Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, e-mail: arianefmello@gmail.com*

[2]*Universidade Federal do Paraná*

Resumo

O bagaço de cana é um resíduo agroindustrial derivado do processamento e moagem da cana de açúcar, sendo composto por celulose, hemicelulose e lignina. No Brasil, cerca de 793 megatoneladas desse subproduto são produzidas anualmente e, em grande parte, destinadas para a queima a fim de produzir energia ou para ração animal. Entretanto, estes usos nem sempre são rentáveis ou sustentáveis. Dessa maneira, outras aplicações da biomassa do bagaço de cana estão sempre sendo estudadas, como a utilização dele como substrato para fermentações ou a extração de seus compostos principais para a produção de oligossacarídeos ou álcool de segunda geração. Este estudo tem por objetivo a extração da fração hemicelulósica da biomassa por meio de hidrólise básica. O bagaço de cana foi então peneirado e seco, sendo parte dele lavada com água destilada 3 vezes e outra parte submetida à um pré-tratamento com hidróxido e sulfito de sódio A extração foi realizada através da exposição da biomassa à hidróxido de sódio 1N, à 60ºC por 2 horas e a recuperação da hemicelulose foi feita pela precipitação com etanol 96%. Com o bagaço de cana pré-tratado, obteve-se um rendimento de aproximadamente 57% de hemicelulose e 9% de açúcares totais nos resíduos líquidos (cerca de 1,8 mg/mL). Já com a biomassa não tratada, o rendimento foi de 51% e o teor de açúcares 6%, evidenciando que o pré-tratamento auxilia na extração. A presença de xilana nas amostras foi evidenciada por sua hidrólise sob a ação de enzimas hemicelulolíticas produzidas pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Federal do Paraná, com a liberação de açúcares redutores quantificada pelo método espectrofotométrico do ácido dinitrosalicílico (DNS). Além disso, foram realizadas análises em HPLC dos hidrolisados obtidos, sendo que os resultados apresentaram áreas de pico e tempos de retenção similares aos resultados do padrão de xilana (megazyme). Dessa maneira, o presente trabalho demonstra resultados positivos da extração de hemicelulose a partir da biomassa de bagaço de cana, sendo que os compostos obtidos poderão ser utilizados para a produção de oligossacarídeos, os quais apresentam propriedades prebióticas e podem ser aplicados para realçar o sabor e valor aos alimentos. Ainda, os açúcares simples obtidos podem ser aplicados para diversos processos fermentativos e para a obtenção de álcool de segunda geração, valorizando o potencial de aplicação da biomassa de bagaço de cana.

Palavras-chave. bagaço de cana, hemicelulose, extração, hidrólise.

Influência do regime de bolhas no desenvolvimento do cultivo de microalgas em fotobiorreatores do tipo airlift

Marcos Vinícius Pereira da Costa[1], Felipe Macedo Ribas[1], Thiago Nishimura[1], André Bellin Mariano[1]

[1]*Núcleo d Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, s/n Centro Politécnico, Curitiba, Brasil.*

email do autor principal: pereira.marcos92@gmail.com

Resumo

Em um cultivo de microalgas autotróficas o fator limitante ao crescimento, e consequentemente redução do rendimento da taxa de produção de biomassa, poder ser a luz solar, macronutrientes, micronutrientes, competição com algum outro microrganismo pelos nutrientes, etc. Sendo que este fator limitante pode se alterar dependendo do volume de cultivo, geometria do recipiente onde a cultura está se desenvolvendo, o meio de cultivo selecionado, o modo e a frequência como os nutrientes serão administrados através do meio de cultura, etc. O presente trabalho tem o intuito de verificar a influência das dimensões das bolhas, identificando o regime de bolhas, bem como a sua influência no crescimento de um cultivo de microalgas da espécie *Tetradesmus obliquus*. A verificação do crescimento se dará pela avaliação de parâmetros como o pH do meio, densidade celular pela contagem de células em uma câmara de Neubauer, determinação da concentração de biomassa através de uma filtração a vácuo e absorbância com o emprego de um espectrofotômetro no comprimento de onda de 540 nm. A determinação da distribuição do diâmetro das bolhas e do regime de bolhas será realizada com o auxílio de uma câmera fotográfica digital do modelo Sony DSC w320 posicionada na frente dos *airlifts*. O meio de cultivo utilizado será efluente da suinocultura, esterilizado em um autoclave, na concentração de 10% (v/v). O inóculo de microalgas da espécie *Tetradesmus sp.* oriundo da sala de cultivo, do laboratório de biotecnologia do NPDEAS, que será adicionado na concentração de 10% (v/v) e padronizado em todas as amostras previamente. O cultivo será conduzido por um período de 14 dias, sendo feito em triplicata onde três reatores do tipo *airlift,* que se encontram no pátio externo do NPDEAS, irão receber distribuidores de ar em sua base, mesh 24 série Tyler, e três não terão este componente. Espera-se que que as culturas dos fotobiorreatores onde há o distribuidor na base apresente um desenvolvimento mais rápido, com maior concentração de biomassa devido a uma maior disponibilidade de carbono oriundo do ar atmosférico, esta hipótese é embasada pelo maior tempo de permanência das bolhas no tubo, principalmente no *downcomer*, e pela maior área de transferência de massa entre a fase gasosa e a fase líquida. Contudo, de maneira simples isso não pode ser previsto através de uma formulação teórica, o que implica no emprego da experimentação da injeção de bolhas com duas dimensões distintas e a análise de seu impacto na produção de biomassa microalgal.

Palavras-chave. Biomassa. Airlift. Microalga.

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE MICÉLIO FÚNGICO PARA PRODUÇÃO DE BIOMATERIAIS A PARTIR DE BIOMASSAS BRASILEIRAS

Leandro Inagaki Oshiro[1], Daniel Matheus de Goes Pinto[2], Adriane Almeida Gonçalves[3], Alessandra Cristine Novak Sydney[4], Eduardo Bittencourt Sydney[5].

[1] Estudante de Bacharelado de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, leandro.i.oshiro@hotmail.com

[2] Estudante de Bacharelado de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

3 Estudante de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

[4] Professora de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

[5] Professor de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

Resumo.

O Brasil é um dos maiores produtores de produtos agrícolas e da silvicultura do mundo, assim por consequência um dos maiores produtores de biomassas. O presente trabalho procura analisar o potencial do Brasil em produzir biomateriais fúngicos, testando diferentes formulações em relação à relação carbono nitrogênio e suas respectivas fontes. Foi observado crescimento miceliar em todas as formulações testadas, sendo o substrato contendo 78% de serragem, 20% de farelo de trigo, 1% de calcário de concha, 1% de gesso e 60% de umidade em base seca, apresentou o melhor resultado. Diante da diversidade de materiais sustentáveis e biodegradáveis disponíveis no país, especialmente aqueles advindos da silvicultura e resíduos agroindustriais, a exploração desta tecnologia permite a valorização desses subprodutos dando-lhes uma destinação mais racional ambiental e economicamente.

Palavras-chave. Biomassas, Biomaterial, Silvicultura, Produção agrícola, Potencial Brasileiro.

Introdução.

Mundialmente, materiais químicos e de nanotecnologia têm-se mostrado eficientes e de grandes capacidades com especificações precisas com variadas propriedades. Essa atratividade de produção desses materiais por meio da biotecnologia tem sido projeto de pesquisas por todo o mundo por meio de desenvolver novos materiais de alto desempenho

com baixos custos de produção e principalmente de forma sustentável, entretanto diversos desses tipos de materiais ainda são de alto custo e de alta dificuldade de processamento, produção e ainda contraditoriamente com produção de resíduos agressivos. (HANEEF et al., 2017, p. 1).

Por meio dessa dificuldade, o estudo por meio da criação de um biomaterial que não precise passar por meio de processamentos químicos agressivos para fazer a separação de componentes específicos se torna mais necessário para que o conceito de material "verde" seja mais aplicável, sendo assim uma estratégia escolhida é utilizar fungos, pois o dito fungo, cria uma simbiose com os materiais em que cresce, formando um aglomerado de filamentos entrelaçados (HANEEF et al., 2017, p. 1).

Os fungos são os recicladores de materiais biológicos da natureza, que por meio da produção de enzimas quebram e dissolvem diversos materiais biológicos (NWE; FURUIKE; TAMURA, 2011, p. 189). Dentre dos diversos fungos existentes, destaca-se os basidiomicetos pertencentes às ordens *Agaricales* e *Polyporales*, que nos quais, os mecanismos de digestão de consiste em produção de enzimas extracelulares oxidativas (lacases e peroxidases), que convertem materiais insolúveis em solúveis para que as hifas do dito basidiomicetos possam usar como nutrientes (ABREU et al., 2007, p. 322; NWE; FURUIKE; TAMURA, 2011, p. 189).

Os nutrientes em que o fungo absorve, são utilizados para a multiplicação de celular e consequentemente para o crescimento da colônia, produzindo quitina, glucanos, glutamatos, d-manose, d-galactose, fucoses, glicoproteínas, glicopeptídios, proteínas, DNA, RNA, e outros materiais celulares (NWE; FURUIKE; TAMURA, 2011, p. 189).

De forma simplificada, o fungo permeia o substrato, por meio de pressão física e secreção enzimática, absorvendo nutrientes de fontes de carbono, nitrogênio e outros materiais que é utilizado para o crescimento do mesmo e que no qual principalmente o carbono é utilizado para a formação da parede celular que é composta principalmente por quitina, glucanos e proteínas (NWE; FURUIKE; TAMURA, 2011, p. 189; HANEEF et al., 2017, p. 2). A quitina é um dos principais componentes do exoesqueleto de crustáceos e insetos, o que dá a propriedade de resistência e durabilidade do mesmo, com base nisso, os materiais possui esse polissacarídeo têm propriedades similares em que ele é um dos seus constituintes (ROSS; WENNER; MOORLEGHEN, 2018, p. 25).

Os biomateriais formados por micélio são alternativas realísticas para materiais à base de petróleo, além de que são obtidos de forma natural, utiliza pouca energia para ser produzido, são incrivelmente resistentes e resistentes à água, além de que possa ser modificado e adicionado algum nutriente para melhorar alguma propriedade e característica do material (ZELLER; ZOCHER, 2012, p. 52-54; HANEEF et al., 2017, p. 1).

São poucas as empresas no mundo que estão trabalhando no desenvolvimento de biomateriais fúngicos. A Ecovative Design LLC é uma delas e produz material de embalagem protetora, materiais de construção, materiais automotivos entre outros (ZELLER; ZOCHER, 2012, p. 54).

Quadro 1. Comparativo entre biomateriais de origem fúngica e de origem fóssil sintético.

Propriedades	Biomaterial fúngico	Material de origem fóssil
Toxicidade do produto.	Os materiais são atóxicos, não contém aditivos químicos, não emitem gases, e são completamente inertes.	Poliestirenos são feitos de produtos químicos e suspeita-se serem cancerígenos, e emitem gases tóxicos.
Toxicidade da matéria prima.	As matérias primas são as biomassas orgânicas geradas na agricultura, esterilizadas a vapor e são completamente inertes.	O poliestireno é composto por materiais altamente tóxicos, como estireno e benzeno.
Pegada carbônica.	Requer pouca energia para ser feito, além de utilizar restos de plantar e de cascas de sementes.	Os processos utilizados requerem altas energias além de liberar carbono à atmosfera de forma não sustentável e não é uma matéria prima renovável.
Comparado a outros biomateriais.	Utiliza partes de plantas que geralmente não são usadas na alimentação, e utiliza matéria prima de baixo custo.	Os materiais mais modernos feitos são bioplásticos que utiliza sementes ou comida com valor direto de commodities.
Biodegradabilidade.	Os produtos podem ser compostados em casa quando não tiver mais uso.	Os plásticos convencionais não são biodegradáveis e necessitam de energia para serem reciclados sendo que alguns plásticos nem reciclados são.
Sustentabilidade.	Os produtos feitos por esse método são 100% sustentáveis, utilizando matéria prima que está em crescimento constante.	A produção desses materiais utilizam fontes não renováveis, com limites econômicos e ecológicos.

Fonte: Adaptado, P. Zeller et al (2012, p. 56).

Modificações, suplementações, variações no ambiente de crescimento, pré-processamento e pós-processamento, podem implicar mudanças do modo de crescimento, aumento de

compostos químicos no qual dá diferentes propriedades no material que no caso pode ter propriedades de um termoplástico, comportar como exoesqueleto de insetos, couro de animal, espumas, materiais de construção, formas alimentícias e materiais de alto desempenho (MCINTYRE et al., 2015, p. 3; BETTS; TUDRYN; HART, 2016, p. 6; ROSS, 2016, p. 13; ROSS; WENNER; MOORLEGHEN, 2018, p. 26).

Em 2017 o IBGE realizou um senso agropecuário sobre a Produção e Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS), no qual permitiu a atualização de dados sobre esse setor de produção (IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 2017, p. 1). Os dados mostram que o Brasil produz quantidades significativas de material vegetal que, em seu processamento, geram grandes quantidades de subprodutos.

De acordo com o senso sobre a PEVS, foi gerada uma renda de R$19,1 bilhões de reais, dos quais 77,3% são originada apenas da silvicultura. A área plantada é de 9,8 milhões de hectares, sendo as principais regiões o Sul e Sudeste do Brasil, que representam cerca de 70,5% dessa produção (IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 2017, p. 1-3).

Percebe-se que, diante de dados da produção florestal no território brasileiro no ano de 2017, houve um crescimento de 5% da participação da Silvicultura em relação ao ano anterior, podendo citar que de toda a área de replantio, cerca de 75% e 21% são de Eucalipto e Pinus, respectivamente. Outro dado importante, referente aos municípios com maiores plantios, a cidade de Três Lagoas (MS) – com um impressionante aumento de 6,5% na Silvicultura, Ribas do Rio Pardo (MS) e Telêmaco Borba (PR) são os municípios no topo em relação à área plantada (IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 2017, p. 5).

Em 2018 o IBGE fez o levantamento das safras das principais culturas no Brasil (IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 2019, p. 20) e os dados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Tabela da produção Agrícola no Brasil.

Produto	Produção 2018 (t)
Algodão Herbáceo	4.930.518
Amendoim (1ª safra)	546.517
Amendoim (2ª safra)	11.361
Arroz	11.736.353
Aveia	890.235
Batata-inglesa (1ª safra)	1.636.737
Batata-inglesa (2ª safra)	1.182.000
Batata-inglesa (3ª safra)	1.028.300
Cacau	255.184
Café Arábica	2.693.622
Café Canephora	899.543
Cana-de-Açúcar	674.178.718
Cebola	1.606.512
Cevada	325.081
Feijão (1ª safra)	1.514.084
Feijão (2ª safra)	1.003.147
Feijão (3ª safra)	456.701
Laranja	16.677.091
Mamona	19.314
Mandioca	19.392.827
Milho (1ª safra)	25.743.077
Milho (2ª safra)	55.621.458
Soja	117.833.492
Sorgo	2.251.862
Trigo	5.305.067
Triticale	41.664

Fonte: Adaptado IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (2019, p. 20).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de utilização de resíduos agroindustriais para o crescimento miceliar do macrofungo *Ganoderma lucidum*, testando diferentes formulações de substratos visando futura produção de biomateriais de origem fúngica como substituição de materiais de origem fóssil.

Materiais e Métodos.

Método de determinação de Umidade em base seca (Ubs) de biomassa agroindustrial

A umidade em base seca foi determinada uma massa conhecida do substrato a ser analisado em placa de petri previamente pesada. A amostra foi colocada no micro-ondas por 20-30s e pesada até peso constante. A umidade em base seca foi calculada pela equação 1:

$$Ubs\% = \frac{Pi - Ps}{Ps} \times 100 \qquad \text{Equação 1}$$

Onde, Pi: Peso Inicial da amostra; Ps: Peso seco da amostra; Ubs%: Umidade em base seca, em porcentagem;

Preparação de substratos, inoculação e crescimento do micélio.

Em todos os substratos testados para crescimento fúngico foi adicionado água até se atingir 60% de umidade em base seca. Para obter o valor de Umidade em base seca específica do substrato, utiliza-se a equação 2:

$$MH2O = Ms\left(\left[\frac{100-Un}{100}\right] \times \left[\frac{Ureq+100}{100}\right] - 1\right) \qquad \text{Equação 2}$$

Onde, MH2O: Massa de água a ser adicionada ao substrato; Ms: Massa do substrato; Un: Umidade natural do substrato; Ureq: Umidade requerida para a preparação do substrato.

Composição dos substratos avaliados:

Teste1. 98% de serragem; 1% de calcário de concha; 1% de gesso.
Teste2. 98% de casca de trigo sarraceno; 1% de calcário de concha;1% de gesso;
Teste3. 59% de casca de arroz; 39% de casca de trigo sarraceno; 1% calcário de concha; 1% gesso
Teste4. 78% de serragem; 20% de farelo de trigo; 1% de calcário de concha; 1% de gesso;
Teste5. 92% de serragem; 5% de farinha de trigo; 1% de extrato de levedura; 1% de calcário de concha; 1% de gesso;
Teste6. 92% de serragem; 5% de fécula de batata; 1% de extrato de levedura; 1% de calcário de concha; 1% de gesso;
Teste7. 92% de serragem; 5% de celulose microcristalina; 1% de extrato de levedura; 1% de calcário de concha; 1% de gesso;
Teste8. 92,5% de serragem; 1,5% de farinha de trigo; 1,5% de fécula de batata; 1,5% de celulose microcristalina; 1% de extrato de levedura; 1% de calcário de concha; 1% de gesso;

As misturas testes foram acondicionadas em sacos de Polipropileno 17x25cm, fechados com esponjas de poliuretano na abertura preso com elástico de látex. Após esterilização em autoclave (121ºC por 15 min) o inoculo com *Ganoderma lucidum* foi realizado em cabine de fluxo laminar. Os cultivos foram inoculados em BOD à 25ºC por 7-10 dias.

Resultados e discussão

Teste de umidade dos substratos.

A determinação do teor de umidade dos substratos é um passo crucial para a produção de fungos, pois os diferentes tipos de fungos possuem exigências específicas de umidade, que precisa ser ajustado com adição de água ao substrato. A umidade da matéria-prima deve ser avaliada a cada lote recebido. A existência de água livre no substrato impedirá o crescimento do fungo e possibilita o crescimento de micro-organismos contaminantes. Por outro lado, em baixa umidade o fungo apresenta dificuldade de crescimento. No caso do *G. lucidum* a umidade ótima para crescimento miceliar é de 60% (URBEN; OLIVEIRA; SANTOS, 2017, p. 135).

O quadro 2 apresenta a umidade em base seca das matérias-primas avaliadas neste trabalho. Com base nesses valores foi realizada a formulação do substrato.

Quadro 2. Testes de umidade em base seca no miro-ondas com passos de 20-30s de aquecimento até o peso constante.

Substratos	Peso inicial(g)	Peso final(g)	Umidade em base seca (Ubs%)
Serragem	2,599	2,373	9,5
Trigo grão	12,262	10,631	15,4
Casca de trigo sarraceno	1,632	1,451	12,4
Farelo de trigo	2,453	2,187	12,1
Cepilho	5,964	5,323	12,0

Fonte: Autoria própria.

Resultados dos substratos preparados

A avaliação do crescimento miceliar de *G. lucidum* nos diferentes substratos foi feita de forma qualitativa (Quadro 3). Foi observado crescimento miceliar em todas as formulações testadas, sendo o substrato contendo 78% de serragem, 20% de farelo de trigo, 1% de calcário de concha e 1% de gesso foi o que apresentou melhor resultado (Figura 1).

Quadro 3. Teste de crescimento positivo ou negativo, após nove dias de inoculação. Crescimento baixo (+), crescimento médio (++) e crescimento excelente (+++).

Substratos (número do teste)	Crescimento	Relação C/N
1	+	161
2	++	31
3	++	40
4	+++	59
5	++	90
6	++	122
7	++	123
8	++	111

Fonte: Autoria própria.

Figura 1. Crescimento miceliar observado no *Teste* 4.

Fonte: Autoria própria.

Composições de substrato com alto teor de carbono (relação C/N alta) ou alto teor de nitrogênio (relação C/N baixa) apresentaram resultados qualitativamente indiferentes, com exceção do Teste 1. O baixo crescimento miceliar observado no Teste 1 era esperado devido à não adição de uma fonte de nitrogênio, que é importante para o balanço de carbono e nitrogênio do substrato. Em todos os outros substratos diferentes proporções de fonte de carbono e nitrogênio foram avaliadas. Observou-se que uma relação C/N de 59 resultou no melhor crescimento (Teste 4), o que condiz com a literatura cientifica, em que ele está mais perto do ideal de crescimento que de 70 (SAAD et al., 2017, p. 278).Este substrato era composto por 78% de serragem, 20% de farelo de trigo, 1% de calcário de concha e 1% de gesso, sendo de menor complexidade do que o substrato do teste 8, que apesar de ser mais rico em nutrientes apresentou resultado inferior. Visto que analisando de forma econômica, para a preparação de 1 kg de substrato do Teste 4 custa aproximadamente R$0,20 e para o substrato do Teste 8 custa R$0,83, ou seja quatro vezes mais caro, neste caso se torna incoerente a utilização de substratos de maior complexidade pelo maior custo e sem nenhuma melhora se comparado com ao do Teste 4. A casca de trigo sarraceno, substrato pouco explorado para produção de micélio e cogumelos, mostrou-se um substrato com alto teor de nitrogênio e com potencial de também ser utilizado na produção de micélio.

Conclusões.

Com base nesses resultados obtidos nessa pesquisa pode-se inferir que o fungo *G. lucidum* cresce bem mesmo com certas mudanças no substrato o que facilita a adaptação da formulação do substrato de acordo com materiais disponíveis. Isso abre oportunidade de desenvolvimento de um substrato e uma tecnologia de produção de biomaterial fúngico que ainda é pouco explorada no mundo, e ainda menos no Brasil. Essa tecnologia possui potencial de causar impactos ambientais (destinação racional de subprodutos agroindustriais e silvícolas e produção de materiais verdes), econômicos, científicos/tecnológicos e sociais (geração de emprego e renda), agregando valor à cadeia agroindustrial brasileira.

Referências Bibliográficas

ABREU, L. D. et al. Degradação Da Madeira De Eucalyptus Sp . Por podridão branca. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 74, p. 321–328, dez. 2007. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v74_4/abreu.pdf>.

HANEEF, M. et al. Advanced Materials from Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. **Scientific Reports**, v. 7, n. January, p. 1–11, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/srep41292>.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2017**. [s.l: s.n.]v. 32

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72415>.

MCINTYRE, G. R. et al. Method of manufacturing a stiff engineered composite. v. 1, n.

Copyright (C) 2017 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved., p. 8pp., 2015.

NWE, N.; FURUIKE, T.; TAMURA, H. Production, Properties and Applications of Fungal Cell Wall Polysaccharides: Chitosan and Glucan. **Advanced Computer Simulation Approaches For Soft Matter Sciences I**, n. September 2016, p. 188–203, 2011. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v74_4/abreu.pdf>.

SAAD, A. L. M. et al. Aproveitamento de resíduos agrícolas no cultivo do cogumelo medicinal Ganoderma lucidum utilizando a tecnologia chinesa "Jun- Cao". **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 13, n. 1, p. 271–283, 2017.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; SANTOS, J. K. P. Cultivo de Ganoderma lucidum pela técnica JunCao. In: URBEN, A. F. (CENARGEN) (Ed.). **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde.** 3. ed. rev ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia., 2017. p. 127–146.

ZELLER, P.; ZOCHER, D. Celandine poppy growing in Ecocradle compost. **FUNGI**, v. 5, p. 51–56, 2012. Disponível em: <http://www.fungimag.com/spring-2012-articles/LR_Ecovative.pdf>.

Potentiality of *Raphanus sativus L.* in biorefinery processes

Matheus Hipólito[1], Fernando Santos[2], Jaqueline de Mattia[2], Rogério Lourega[1] , Guilherme Dias[2], Betina Aita[2], Paulo Eichler[1]

[1]Pontífica Catholic University of Rio Grande do Sul, matheushipolitoll@gmal.com
[2]Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

abstract

The culture of the rapeseed (*Raphanus sativus L.*), an oleaginous plant that presents great potential for biorefinery processes and has characteristics that facilitates plant development without the need of fertilizers due to: its high capacity to recycle nutrients, mainly nitrogen and phosphorus; the rapid development, which can cover 70% of the soil in two months; and the capacity of development at any time of the year. An average of 6t / ha of dry matter is obtained by adding stem and leaves dry matter, which can vary around 6 tons according to the availability of soil water and average incidence of ultraviolet radiation. The chemical composition of the dry matter of forage turnip is mainly composed of cellulose, hemicellulose and lignin. Assessment studies for the production of cellulosic ethanol and the utilization of hemicellulose as feedstock for enzyme production, using this biomass, are being performed. The forage turnip seeds has an oil content of 35% with an average yield of 1500 kg / ha and 247L / ha of oil, obtained by cold pressing method. The oil extracted from fodder turnip seeds has a density of 918 kg / m³ at 293 K, kinematic viscosity of 38.1 mm / s at 313 K, absence of sulfur in its composition, high flash point and cloud point at 273 K. For this characteristics, this oil is mainly destined to production of biodiesel. Analyzes of the composition revealed the high presence of monounsaturated fatty acids, with emphasis on the presence of oleic and uric acid. The high content of the second makes the oil unfit for human consumption. Olefins chemistry has been studied as an alternative for the substitution of petroleum compounds, and oilseed research that can be used as raw material without competition with the food market has been gaining ground. The synthesis of products such as bioplastics, pharmaceuticals, resins and paints, among many other applications, has been gaining prominence. Thus, previously applied processes for the petrochemical industry can be adapted and applied in vegetable oils, such as catalytic hydrogenation, which consists of the removal of one or more instaurations of the molecule by the addition of hydrogen. This reaction is thermodynamically favorable. However, the presence of a transition metal as a catalyst becomes necessary due to symmetry of the molecular orbitals. The cracking decomposition process consists of the fractionation of polymers in smaller chains to be easily separated by distillation. Those processes usually occurs in the presence of metal catalysts in high temperature and pressure reactors. Therefore, the present work aims to study the main biorefinery processes and its high value added products resulted such as oil, fuels and bioproducts.

Keywords - Biomas, biofuel, fatty acids

References

EICHLER, PAULO et al. Extraction of radish seed oil (Raphanus sativus L.) and evaluation of its potential in biodiesel production. **AIMS Energy**, 2018.

DAMBISKI, LORENA. Síntese de biodiesel de óleo de nabo forrageiro empregando metanol supercrítico. **Curitiba-PR, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais-UTFPR**, 2007.

SANTOS, Fernando et al. Aproveitamento integral do nabo forrageiro (Raphanus Sativus L.) em processos de biorrefinaria. Engevista, v. 20, n. 2, p. 374-393, 2018. PINHO, David MM; SUAREZ, Paulo AZ. A hidrogenação de óleos e gorduras e suas aplicações industriais. Revista Virtual de Química, v. 5, n. 1, p. 47-62, 2013.

Pré-Tratamento Químico para a Produção de Nanocelulose a Partir de Cigarros

G. R. F. Bronzato[1], L. B. C. Brito[1], M. G. Zanzini[1], I. Cesarino[1], A. L. Leão[1]

1 - Sao Paulo State University (UNESP), School of Agriculture, Botucatu, Brazil, gi.bronzato@gmail.con

Resumo

Um problema que cresce no Brasil é a entrada de cigarros ilegais, principalmente de origem paraguaia. Em 2018, 54% dos cigarros comercializados no país eram irregulares. A polícia federal apreendeu por contrabando e comércio irregular cerca de 221 milhões de maços de cigarros. Todo esse material recolhido, por lei, precisa ser destruído. Antigamente eram incinerados porém hoje se tem procurado alternativas mais sustentáveis, como está descrito na Portaria 59 de 30 de Janeiro de 2019, o que torna interessante a pesquisa com esse material (Rolli 2018; Vismona 2018; Brasil 2019). O cigarro é constituído basicamente de tabaco, acetato de celulose (filtro) e papel, sendo que a fibra vegetal tem cerca de 21% de celulose e o cigarro inteiro 34%, dados que o tornam viável para a produção de nanocelulose. Para esse processo o material precisa passar por uma sequência de tratamentos físicos e químicos, como moagem e hidrólise química. A primeira etapa, chamada de pré-tratamento, é realizada para retirar os componentes que envolvem a celulose, como a lignina. Neste estudo foram utilizados 3 tipos de materiais: o cigarro inteiro, o tabaco e a bituca de cigarro em duas concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) – 1M e 2M – para a hidrólise enzimática. As amostras foram colocadas nas soluções e colocadas na autoclave com pressão de 1,5 kgf/cm^2 e após 1h realizou-se a explosão à vapor e o resíduo foi lavado com água corrente e seco para análises. Foram determinados a perda de massa e o número Kappa, metodologia comparativa que apresenta qual amostra tem menos lignina. Para identificar o melhor tratamento, foi utilizado uma análise comparativa: determinação do número Kappa (ABNT, 2018), que identifica em qual biomassa há mais lignina, ou seja, quanto mais baixo o valor do Kappa mais eficiente é o pré-tratamento. Para a bituca, em ambas as concentrações, a perda de massa foi em torno de 35%. Para o cigarro inteiro, com 2M a perda foi de 80,5% da sua massa e para o tabaco foi de 87%. Pelo número Kappa o tabaco com a concentração do H_2O_2 obteve o melhor resultado, 40, em comparação com a biomassa sem pré-tratamento houve uma diminuição de 140. Esses resultados mostram que é possível produzir nanocelulose a partir do cigarro contrabandeado.

Palavras-chave. Cigarros. Nanocelulose. Pré-tratamento.

Referências

BRASIL. M. C. C. de Albuquerque. Receita Federal. **PORTARIA RFB Nº 59, DE 30 DE JANEIRO DE 2019.** 2019. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=98409>. Acesso em: 23 abr. 2019.

ROLLI, C. Folha de S. Paulo. **A escalada do contrabando:** Mercado ilegal cresce no país em plena crise de segurança. 2018. Disponível em: https://temas.folha.uol. com.br/contrabando-nobrasil/uma-muralha-da-china-por-ano/mercado-ilegal-cresce-no-pais-em-plena-crise-de-seguranca.shtml Acesso em: 23 abr. 2019.

VISMONA, E. **A realidade do mercado ilegal de cigarros no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/opiniao/artigos/a-realidade-do-mercado-ilegal-de-cigarros-no-brasil-d48i96hafccj8qta3w4zzlb66/>. Acesso em: 23 abr. 2019.

IV CIBIO – dias 25, 26 e 27 de junho de 2019 – Curitiba, PR – Expotrade Convention Center

Produção de biomassa de *Tetradesmus obliquus* por meios sintéticos e efluente agroindustrial

Jardel Machado de Lima[1], Rodrigo Felipe Godoy[1], Thiago Nishimura[1], Lucas Fedalto[1], André Bellin Mariano[1]

[1] Projeto de Extensão Universitária Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, CEP 81531-980, Curitiba, Paraná. Jardel_ml@hotmail.com

Resumo

O cultivo de microalgas é uma alternativa sustentável para a substituição de combustíveis fósseis, limpeza de correntes gasosas, produção de comodidades para o ser humano e geração de biomassa. Neste sentido, é interessante que o meio de cultivo empregado seja de baixo custo e pequeno impacto ambiental, mas que seja permissivo ao crescimento ótimo de biomassa. O presente trabalho busca avaliar dois meios de cultivo alternativos (dejetos suínos, obtidos de suinocultura local, e fertilizante comercialmente disponível), comparando o crescimento de microalgas com um meio sintético (meio Chu modificado). Os cultivos foram avaliados pelo pH, absorbância, concentração celular e biomassa, em g/L, obtidos ao longo de 15 dias de experimento. O meio formado por dejetos apresentou resultados similares ao meio Chu em termos de biomassa final (em torno de 1,25 g/L) mas em uma concentração celular menor (2 x 10^8 células/L, contra 3 x 10^8 células/L no meio sintético), indicando que houve um aumento expressivo no tamanho das células. O meio fertilizante teve resultados destoantes dos demais, com produção de biomassa final em 0,6 g/L e concentração celular de 1 x 10^8 células/L. A diferença nos resultados pode ser explicada pela presença de metais de transição na composição do fertilizante, em teores muito maiores que os encontrados em meios sintéticos; estes metais alteram a seletividade da enzima responsável pela fotossíntese, fazendo com que os microorganismos realizem fotorespiração – um processo energeticamente desfavorável ao crescimento celular e que acidifica o meio, um comportamento observado no cultivo com fertilizante. Assim, demonstrou-se que o dejeto suíno é capaz de propiciar um meio favorável ao cultivo de microalgas, equiparável a meios sintéticos. Já o fertilizante, apesar de capaz de sustentar vida, não foi eficiente para produzir quantidades significativas de biomassa em função da sua composição rica em metais, sugerindo que seria viável como um meio se fosse livre destes íons.

Palavras-chave. *Tetradesmus obliquus*, microalga, Meio Chu, Dejeto de Porco, Fertilizante.

Introdução

Microalgas são organismos unicelulares, podem habitar água doce ou salgada, possuem clorofila e realizam fotossíntese (ALMEIDA, 2018). Para o crescimento desse microrganismo, é necessária uma fonte de dióxido de carbono, um local apropriado para o cultivo e um meio de cultura, sintético ou orgânico, com micronutrientes (ferro, manganês, cobre, cobalto e molibdênio) e macronutrientes (carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre).

Com a crescente necessidade de buscar por novas fontes de energia renovável, as microalgas surgiram como uma das opções devido as múltiplas aplicabilidades da biomassa deste microrganismo. Dependendo da composição da microalga, utiliza-se a biomassa para certo tipo de produto com valor agregado. A produção de biocombustíveis como biodiesel e etanol é viável contanto que a microalga seja abundante em lipídeos. Com uma maior concentração de proteínas existe a possibilidade de utilizar a biomassa como fonte nutritiva para ração animal ou suplementação de alimento humano.

O NPDEAS já trabalha em larga escala com alguns tipos de microalgas. Sabendo que é necessária uma contínua otimização do processo, optou-se por realizar experimentos com uma microalga natural de Curitiba/PR, da espécie *Tetradesmus obliquus*, que já é amplamente utilizada pelo grupo e apresenta uma boa adaptabilidade pelo meio de cultura formado com dejeto suíno. Fertilizantes podem ser utilizados como meio de cultura sintético, por apresentar os nutrientes necessários. Segundo Soares (2012), meios sintéticos feitos com fertilizantes apresentam uma boa eficiência na produção de microalgas e uma grande redução de custo. O objetivo desse artigo é comparar o crescimento entre os meios de cultivo Chu, meio sintético de fertilizante e meio com dejeto suíno. Com os resultados é avaliada uma alternativa para aumentar a produtividade do processo.

Materiais e Métodos

Reagentes e materiais

Todos os reagentes utilizados foram de padrão analítico. O fertilizante (Forth Hortaliças, Forth, Brasil) foi obtido do comércio local (Curitiba, Paraná, Brasil) e os dejetos da suinocultura foram adquiridos de uma fazenda local. Todas as soluções foram preparadas com água destilada.

Preparo dos meios

Cada um dos três meios (Chu, fertilizante e dejetos) foi avaliado em quadruplicata, em Erlenmeyers inoculados com 200 ml de inóculo e completados com meio de cultivo até o volume final de 1,6 L. O meio sintético foi preparado conforme CHU (1942), com a substituição do oxído de molibdênio por molibdato de sódio di-hidratado, mantendo-se a

proporção do metal em solução. Uma pequena massa (1,6 g por Erlenmeyer) de fertilizante (teor NPK 15/5/10) foi dissolvida em água destilada, de forma a diminuir as diferenças de fósforo e nitrogênio totais para o meio sintético. Para o cultivo em dejeto, uma alíquota de 10% do volume total (160 ml) de dejeto parcialmente biodigerido foi diluido em água destilada, pois esta proporção apresentou melhores resultados em estudos prévios (TAHER, 2013). Todos os 12 recipientes foram submetidos à iluminação constante (14,3 µmol/m².s^{-1}) e fluxo de ar padronizado em 1,5 L/min.

Análises

O experimento teve duração de 15 dias. Diariamente, 45 ml de amostra de cada cultivo era retirada para análise. As contagens celulares foram realizadas em dias alternados com uma câmara de Neubauer. Todos os dias, o pH das amostras era analisado, assim como a absorbância em um espectrofotômetro Lambda 25 (PerkinElmer, MA, USA). Nos dias 1, 5, 9, 13 e 15, um volume de 10 ml de amostra foi filtrado, em triplicata, por meio de um microfiltro de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro (GF-1; Macherey-Nagel, Alemanha) para obtenção de biomassa.

Resultados e Discussão

pH

O processo de fotossíntese envolve a fixação de moléculas de bicarbonato, formado a partir do gás carbônico. Isto diminui o pH pela formação de ácido carbônico em solução aquosa pelo ciclo de Calvin-Benson. A não eliminação desta molécula implica em um aumento na acidez do meio; assim, o pH é um indicador da ocorrência do processo fotossintético (AXELSSON, 1998). A Figura 1 mostra os valores médios de pH, entre as quadruplicatas, para cada meio de cultivo. Apesar do início relativamente próximo entre todos os meios, o fertilizante mostrou uma queda constante de pH, sugerindo geração, ou pouca remoção, de CO_2. Paralelamente à realização do experimento, um Erlenmeyer de fertilizante, sem inóculo, foi preparado e seu pH medido; os valores obtidos se mantiveram constantes e próximos da neutralidade, sugerindo que a queda de pH observada experimentalmente se deve a presença das microalgas.

No ciclo de Calvin-Benson, a fixação de gás carbônico ocorre pela enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase oxidase (Rubisco); porém, esta enzima é capaz de fixar O_2 e gerar CO_2 pelo processo de fotorespiração, que é menos energeticamente eficiente que a fotossíntese. A especificidade CO_2/O_2 é regulada, entre outros fatores, pela presença de ions metálicos de transição em solução (CHEN 1992) o que pode explicar o comportamento anômalo do pH no fertilizante: este possui grandes quantidades destes metais, em magnitudes muito maiores que as encontradas nos outros dois meios.

Biomassa

A Figura 2 mostra o crescimento médio de biomassa ao longo dos 15 dias de experimento. Enquanto o crescimento dos meios Chu e de dejetos é estatisticamente igual ($p > 0,05$), o meio fertilizante mostrou um crescimento de aproximadamente 50% dos outros meios. Isto se deve, novamente, à baixa taxa de fotossíntese – e relativamente alta taxa de fotorrespiração – associadas ao manganês e outros metais presentes em solução.

Figura 1. Médias dos valores de pH para os três meios de cultivo

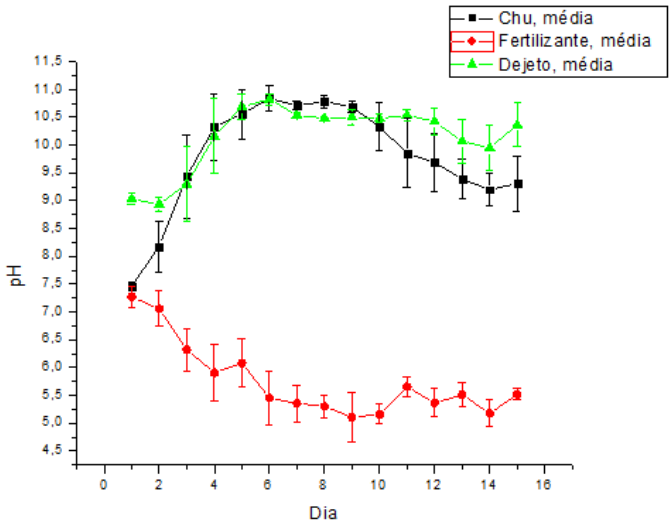
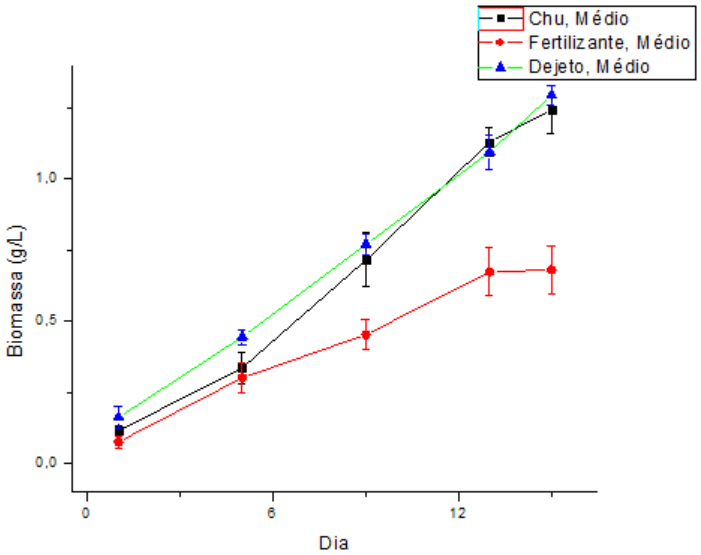


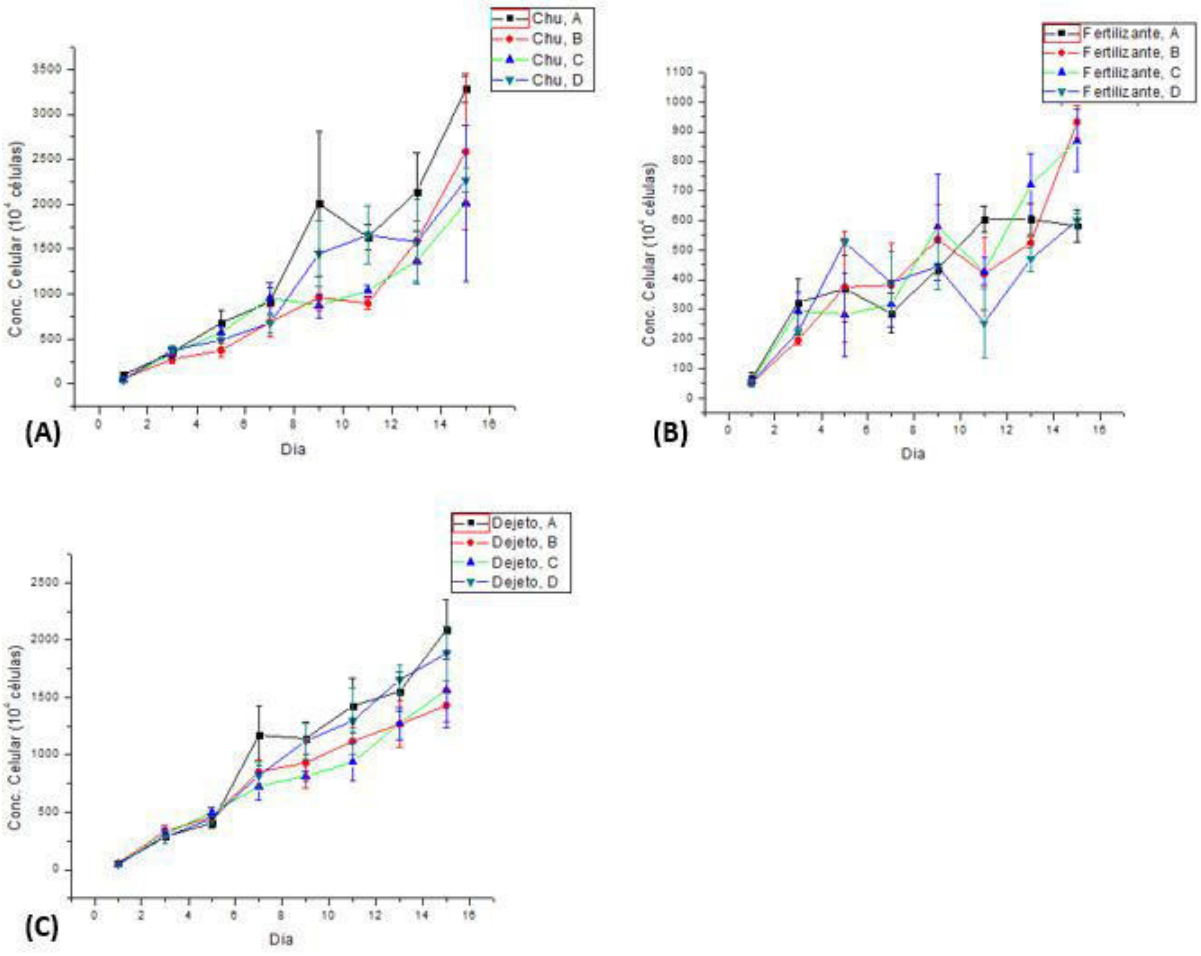
Figura 2. Crescimento médio de biomassa entre os três meios



Concentração Celular

O crescimento de concentração celular, individualizado para cada cultivo, é mostrado na Figura 3. O meio Chu (A) mostrou crescimento superior ao fertilizante (B) e dejetos (C). Os resultados similares para Chu e dejetos no crescimento de biomassa sugerem que, para o dejeto, a multiplicação celular foi preterida pelo crescimento individual das células, gerando células maiores em tamanho, apesar de em menor número. O crescimento no meio de fertilizantes (B) foi, como já explicitado, limitado pela fotorespiração.

Figura 3. Concentrações celulares para cada cultivo individual nos três meios: Chu (A), fertilizante (B) e dejetos (C)

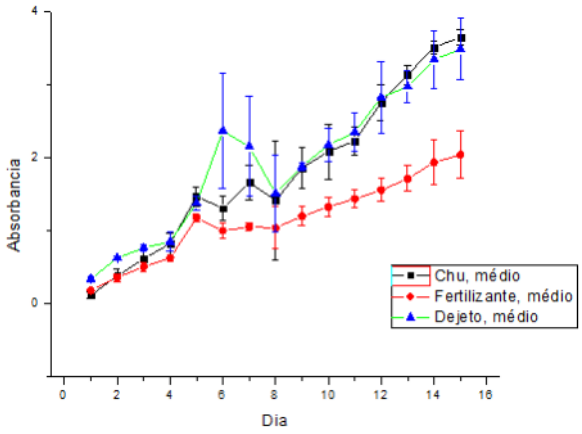


Absorbância

A Figura 4 mostra que as absorbâncias de todas as amostras foram praticamente iguais até o dia 8. A partir do dia 9 as amostras com fertilizante tiveram uma taxa menor no aumento da absorbância - o que é esperado, pois o número de células e a biomassa ficaram com valores baixos, quando comparados com os outros meios. Embora a contagem de células do dejeto resultou em um menor número do que a do meio Chu, as biomassas apresentam

valores próximos. Isso significa que as células do dejeto cresceram em tamanho, mas se multiplicaram menos.

Figura 4. Absorbâncias médias para os três cultivos



Conclusão

Neste trabalho, sustentou-se o crescimento de microalgas em três meios de cultivo: meio Chu, meio de fertilizantes e meio de dejetos suínos. O meio Chu, sinteticamente preparado com íons essenciais à vida e largamente aplicado na literatura, apresentou os melhores resultados em termos de concentração celular e biomassa, servindo como um parâmetro com o qual comparar os outros cultivos. Neste sentido, as microalgas cultivadas em dejeto foram similares ao meio Chu, demonstrando sua viabilidade para o crescimento de biomassa de forma barata e sustentável, por substituir os meios sintéticos. O meio fertilizante teve os piores resultados, em decorrência da presença excessiva de íons metálicos inibitórios à fotossíntese. Ainda assim, observou-se o crescimento celular e de biomassa, sugerindo que fertilizantes livres destes metais possam ser empregados em cultivos de larga escala.

Referências

AXELSSON, L. 1998. 'Changes in pH as a Measure of Photosynthesis by Marine Microalgae', Marine Biology, 97: 287-94.

CHEN, Z; SPREITZER. 1992. "How Various Factors Influence the CO2/o2 Specificity of Ribulose-1,5-Biphosphate Carboxylase/Oxygenase', Photosynthesis Research, 31:157-64.

CHU, S.P.'The Influence of Mineral Compositions of the Medium on the Growth of Planktonic', Journal of Ecology, 30:284-325.

TAHER, D. M.; Biodiesel de Microalgas Cultivadas em Dejeto Suíno Biodigerido. Dissertação para mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

SOARES, J. 'Desenvolvimento de Meios de Cultura a Partir de Fertilizantes Agrícolas Para Cultivo de Microalgas. Dissertação para pós-graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, 2012.

Produção de butanol por *Clostridium beijerinckii* NRRL B-598 utilizando milhocina e melaço comercial como nutrientes

Larissa C. P. Ribeiro[1], Maria Alice Z. Coelho[2] e Tatiana F. Ferreira[3]

[1] *Programa de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, larissacouto21@gmail.com.*

[2] *Departamento de Engenharia Bioquímica, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

[3] *Departamento de Processos Orgânicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro*

Resumo

Há expectativa que o butanol se torne um interessante substituto do etanol para aplicação em aditivos e combustíveis devido a suas propriedades físico-químicas superiores. Algumas espécies de *Clostridium* são capazes de produzir solventes como acetona, butanol e etanol, por fermentação ABE. Estudos tem buscado diminuir o custo de produção do butanol por via biotecnológica a fim de tornar essa rota mais competitiva economicamente. O presente estudo tem o objetivo de estudar a viabilidade da utilização de milhocina e melaço comercial na composição do meio de cultivo, visando a produção de butanol por *Clostridium beijerinckii* NRRL B-598.

Palavras-chave. butanol, *Clostridium*, fermentação anaeróbica, milhocina, melaço comercial.

Introdução

As perspectivas de que a demanda energética poderá ultrapassar a capacidade das reservas, bem como o compromisso com a questão ambiental reacenderam o interesse por processos produtivos baseados em matérias-primas renováveis. O conceito de biorrefinaria é definido como a conversão de biomassa em combustíveis, energia e/ou químicos de interesse. Nesse contexto, a fermentação ABE se apresenta como um processo promissor para o desenvolvimento de tecnologias para biorrefinarias visto que dentre seus produtos, o butanol pode ser utilizado como biocombustível e, ainda, como precursor de produtos químicos de valor agregado (GARCÍA et al., 2011).

Algumas espécies de *Clostridium* são capazes de realizar fermentação ABE a partir de diferentes matérias-primas. A produção biotecnológica de butanol possui alguns gargalos como o substrato utilizado, o microrganismo escolhido, a toxidade dos produtos e a composição do meio de cultivo. A escolha do substrato representa cerca de 60% do custo total da fermentação (MAITI et al., 2016).

Com o objetivo de diminuir os custos do bioprocesso, a utilização de subprodutos agroindustriais tem sido considerada. No beneficiamento do milho, a água resultante da etapa

de maceração dos grãos recuperada por evaporação é chamada de milhocina. Esse subproduto, é majoritariamente composto por aminoácidos e minerais presentes no milho e pode ser utilizado como fonte de nutrientes na fermentação microbiana. No processamento da cana-de-açúcar, o melaço é um subproduto de relevância biotecnológica. Obtido da etapa de centrifugação do xarope simples, ele consiste em, aproximadamente, 50 a 60% (p/p) de açúcares redutores (sacarose, frutose e glicose), suspensões coloidais, metais, vitaminas e compostos nitrogenados provenientes da cana-de-açúcar. Devido ao seu alto teor de carboidratos fermentáveis e seu baixo custo, o melaço se apresenta como um excelente substrato para fermentação.

O objetivo desse trabalho foi estudar a viabilidade de utilização de melaço comercial e milhocina como componentes do meio de cultivo para produção de butanol por *Clostridium beijerinckii* NRRL B-598.

Material e Métodos

Foram realizados experimentos em biorreator Tecnal modelo Tec-Bio-1,5, utilizando o meio de cultivo descrito por PATAKOVA et al. (2011) (Tabela 1) adicionado de 40 $g.L^{-1}$ de glicose (Ensaio 1) e adicionado de 5,3% (p/v) de melaço comercial (Ensaio 2). O volume reacional utilizado foi 800 mL, sendo 100 mL de inóculo contendo células crescidas por 24 horas a 37°C e 150 rpm em frascos anaeróbios contendo meio *RCM (Reinforced Clostridial Medium)* (Tabela 1). Anteriormente ao inóculo, foi adicionado gás N_2 no meio de reacional por 20 minutos para retirada do O_2 dissolvido e/ou presente no volume total do reator. Os experimentos foram conduzidos em batelada simples sem controle de pH.

Em seguida, o mesmo procedimento foi realizado substituindo o meio de PATAKOVA et al. (2011) por 25 $g.L^{-1}$ de milhocina adicionado de 5,3% (p/v) de melaço comercial (Ensaio 3).

Tabela 1. Composição dos meios de cultivo utilizados

RCM		**Patakova et al. (2011)**	
Composição	Concentração ($g.L^{-1}$)	Composição	Concentração ($g.L^{-1}$)
Extrato de carne	10	Extrato de levedura	1
Peptona	5	Triptona	6
Cloreto de sódio	5	Acetato de amônio	3
Dextrose	5	KH_2PO_4	0,5
Extrato de levedo	3	$MgSO_4.2H_2O$	0,3
Acetato de sódio	3	$FeSO_4.7H_2O$	0,01
Amido solúvel	1	pH	6,5
L-cisteína HCl	0,5		
Agar	0,5		
pH	6,8		

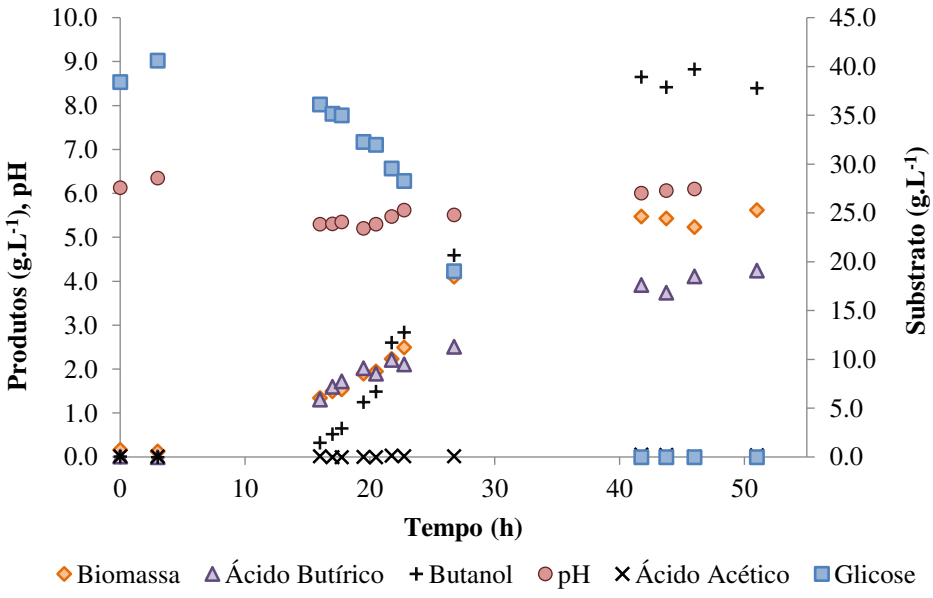
O crescimento celular foi acompanhado por meio da densidade ótica (D.O.) a 600 nm em espectrofotômetro. A concentração de células foi obtida utilizando fator de conversão para

peso seco de célula por litro, a partir de elaboração da curva de calibração. As concentrações de substrato e produto presentes no meio de cultivo foram acompanhadas por meio de análises de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE,Shimadzu®). O pH foi quantificado utilizando pHmetro modelo Tecnal TEC-5, calibrado com tampões padrão 4,0 e 7,0 a temperatura ambiente (25 °C).

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos no Ensaio 1. Após 42 horas de fermentação, a glicose (40 $g.L^{-1}$) já havia sido totalmente consumida e foi produzido 8,6 $g.L^{-1}$ de butanol e 5,4 $g.L^{-1}$ de biomassa celular. A concentração máxima de ácido butírico obtida foi 4,2 $g.L^{-1}$ e a produção de ácido acético não foi relevante. O pH diminuiu para 5,3 em 16 horas de fermentação e apresentou aumento pouco acentuado nos tempos seguintes. A queda do pH coincide com a produção mais acentuada de ácido butírico que aconteceu, também, em 16 horas de fermentação. O rendimento máximo em produto obtido foi de 0,22 $g_{butanol}/g_{glicose}$. Esses resultados estão de acordo com o obtido na literatura por PATAKOVA et al. (2011) e foram utilizados como experimento controle para fins de comparação com os experimentos utilizando milhocina e melaço comercial.

Figura 1. Batelada simples sem controle de pH para produção de butanol por *C. beijerinckii* NRRL B-598 utilizando meio de cultivo descrito por PATAKOVA et al. (2011) adicionado de 40 $g.L^{-1}$ de glicose (Ensaio 1)



-

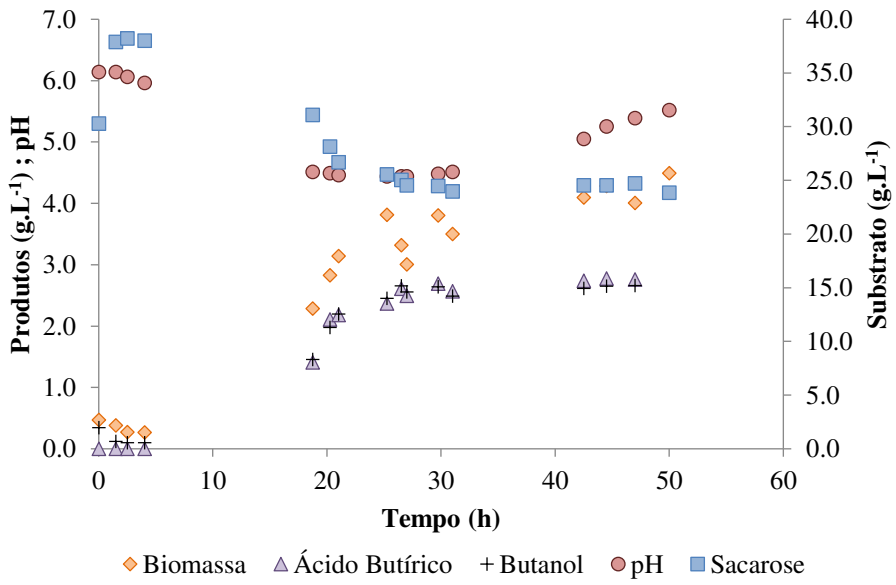
A Figura 2 apresenta os resultados obtidos no Ensaio 2. É possível observar que o substrato não foi completamente consumido, como visto no experimento anterior. O consumo total de sacarose foi 14,22 $g.L^{-1}$ e a produção de butanol foi 2,31 $g.L^{-1}$ tendo seu valor máximo em 45 horas de fermentação. Nesse mesmo tempo, a concentração de biomassa celular foi 4,28 $g.L^{-1}$. A produção de ácido butírico foi similar a produção de butanol e, apresentou concentração máxima de 2,61 $g.L^{-1}$, no mesmo período de fermentação. A queda de pH foi

mais acentuada, chegando a 4,7 em 27 horas de fermentação. Não foi observada produção de ácido acético nesse ensaio.

Nas condições utilizadas neste ensaio, a produção de butanol não foi favorecida em relação a produção de ácido butírico como observado no ensaio anterior. A produção de ácido e, consequente queda de pH, coincide com a diminuição na assimilação do substrato. Em 27 horas de fermentação, quando o pH apresenta seu menor valor, a taxa de consumo de substrato é praticamente zero. Isso pode ser explicado pelofato do pH do meio se encontrar fora da faixa de trabalho ideal da enzima invertase, responsável pela hidrólise da sacarose em glicose e frutose para que esses açúcares possam, então, ser assimilados. LOOTEN e colaboradores (1987) caracterizaram a invertase de uma estirpe de *C. acetobutylicum* cuja faixa de pH ótimo é de 5,0 a 6,5, sendo que em pH 5,0 a atividade verificada foi 35% da atividade máxima.

O rendimento em butanol foi menor em relação ao experimento controle, obtendo-se 0,16 $g_{butanol}/g_{sacarose}$.

Figura 2. Batelada simples sem controle de pH para produção de butanol por *C. beijerinckii* NRRL B-598 utilizando meio de cultivo descrito por PATAKOVA et al. (2011) e adicionado de 5,3% (p/v)de melaço (Ensaio 2)

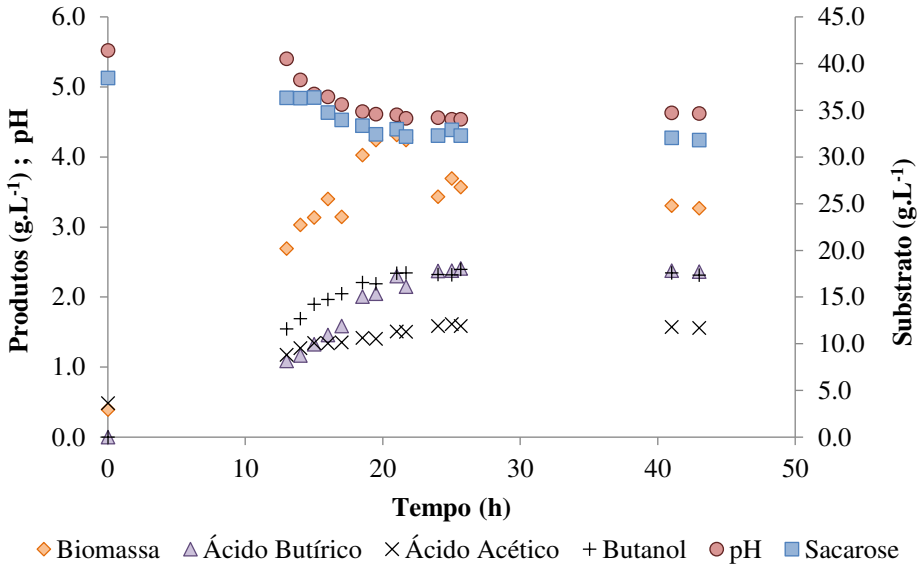


A Figura 3 mostra os resultados obtidos no Ensaio 3. É possível observar que, assim como no Ensaio 2, o substrato não foi completamente consumido. O consumo total de sacarose foi ainda menor que o observado no Ensaio 2 (5,50 $g.L^{-1}$). O pH atingiu seu menor valor 4,5 em 22 horas de fermentação e, mais uma vez, o perfil de queda do pH acompanhou a diminuição da taxa de consumo de substrato indicando uma possível correlação entre esses parâmetros.

Foi observada produção de butanol, ácido butírico e ácido acético. Em 43 horas de fermentação as concentrações desses produtos foram 2,34, 2,36 e 1,56 $g.L^{-1}$, respectivamente. O rendimento máximo em produto obtido foi 0,42 $g_{butanol}/g_{sacarose}$, muito próximo do rendimento teórico 0,43 $g_{butanol}/g_{sacarose}$. Portanto, embora a célula não tenha assimilado toda

fonte de carbono presente no meio de cultivo, a conversão do substrato em produto de interesse foi bastante efeciente.

Figura 3. Batelada simples sem controle de pH para produção de butanol por *C. beijerinckii* NRRL B-598 utilizando meio de cultivo contendo apenas 25 g.L^{-1} de milhocina e 5,3% (p/v) XX de melaço comercial (Ensaio 3)



A Tabela 2 mostra os parâmetros cinéticos calculados para cada uma das fermentações realizadas. O Ensaio 1 foi o que apresentou melhor produtividade e rendimento em butanol. O Ensaio 3 apresentou uma produtividade máxima volumétrica de 0,11 g.L^{-1}.h^{-1}, sendo um resultado representativo visto que se utilizou uma cepa selvagem e matérias-primas não tratadas. Como forma de melhorar a produtividade em butanol seria adequado testar uma batelada alimentada, iniciando com menor concentração de substrato, para diminuir a influência das impurezas no metabolismo celular de forma a permitir o maior consumo de substrato e, por consequência melhor produção de butanol. Ainda, seria prudente testar a realização de uma batelada com controle de pH para esclarecer a influência do pH na taxa de consumo de substrato.

Tabela 2. Comparação entre os parâmetros cinéticos obtidos nos três diferentes ensaios

Fermentação	$C_{butanol}$ (g/L)	$Q_{butanol}$ (g/L/h)*	$Y_{p/s}$ ($g_{butanol}/g_{sacarose}$)
Ensaio 1	8,83	0,21	0,22
Ensaio 2	2,61	0,08	0,16
Ensaio 3	2,34	0,11	0,42

*$Q_{butanol}$: produtividade máxima volumétrica de butanol

Conclusões

Constatou-se que é possível produzir butanol utilizando melaço comercial de cana-de-açúcar como fonte de carbono, bem como substituir os nutrientes do meio de cultivo por milhocina, proveniente do processo de beneficiamento do milho. A produtividade volumétrica

máxima obtida para no Ensaio 2, contendo o meio de cultivo descrito por PATAKOVA et al. (2011) adicionada de 5,3% (p/v)de melaço comercial, foi de 0,08 $g.L^{-1}.h^{-1}$. Enquanto que no Ensaio 3, contendo apenas 25 $g.L^{-1}$ milhocina e 5,3% (p/v) de melaço comercial, a produtividade foi de 0,11 $g.L^{-1}.h^{-1}$. Esses resultados apontam o potencial uso da milhocina como fonte de nutrientes para produção de butanol por *Clostridium beijerinckii* NRRL B-598. Contudo, nos experimentos utilizando melaço comercial a sacarose não foi totalmente consumida, necessitando de adequação na condução do processo fermentativo para favorecer o consumo completo do substrato e, por consequência, a maior produção de butanol.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Ainda, agradeço à Ingredion Brasil – Ingredientes Industriais Ltda. por ceder a milhocina e possibilitar o desenvolvimento do presente trabalho.

Referências Bibliográficas

GARCÍA, V. et al. **Challenges in biobutanol production: How to improve the efficiency?** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 15, nº 2, p. 964–980, 2011. ISBN: 1364-0321, ISSN: 13640321, DOI: 10.1016/j.rser.2010.11.008.

LOOTEN, P.; BLANCHET, D.; VANDECASTEELE, J. P. **The β-fructofuranosidase activities of a strain of Clostridium acetobutylicum grown on inulin**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, [s.l.], v. 25, p. 419–425, 1987.

MAITI, S. et al. **A re-look at the biochemical strategies to enhance butanol production**. *Biomass and Bioenergy*, [s.l.], v. 94, p. 187–200, 2016. ISBN: 09619534, ISSN: 18732909, DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.09.001.

PATAKOVA, P. et al. **Continuous production of butanol by bacteria of genus Clostridium.** *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, [s.l.], v. 5, p. 121–128, 2011. ISBN: 1934-7375.

PRODUÇÃO DE ENDOGLUCANASE A PARTIR DA BIOCONVERSÃO DA BIOMASSA RESIDUAL DE BATATA INGLESA POR *Aspergillus niger*

Danrlei Carvalho dos Santos [1], Fabiana Silva Melo[2], Ingrid Dal-Cin Alves[3], Lourdes Maria Corrêa Cabral[4], Tamires Carvalho dos Santos[2,4]

[1]*Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)*

[1]*Universidade Estácio de Sá (UESB)*

[3] *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)*

[4] *EMBRAPA Agroindústria de Alimentos (CTAA), tamirescarvalhods@gmail.com*

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização da palma forrageira como substrato para a produção da enzima xilanase, através da fermentação em estado sólido com o auxílio dos fungos filamentosos *Aspergillus niger*. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Resíduos Agroindustriais, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. A casca de batata foi desidratada até atingir aproximadamente 2% de umidade. As variáveis avaliadas no processo fermentativo foram, a atividade de água, tempo de fermentação e atividade de água, para adequação dos modelos lineares de segunda ordem para a estimativa de superfícies de respostas. A otimização da enzima xilanase produzida pelo *A. niger* foram encontrados os valores de 74 horas de fermentação a 31 ºC com atividade enzimática de 65,34 U/mL.

Palavras-chave. Bioprocessos, Biotecnologia Industrial, Resíduos Sólidos

Introdução

Devido à grande complexidade e heterogeneidade da rede hemicelulolítica a sua hidrólise completa requer a atuação de várias enzimas que atuam cooperativamente. Para isso, a determinação de quais tipos de enzimas foi necessária irá depender da composição da biomassa a ser degradada. Para degradação de xilanas em geral são necessárias basicamente seis enzimas diferentes (SAHA, 2003).

Uma das principais enzimas responsáveis pela degradação da hemiclulose são as Endo-1,4-β-δ-Xilanases (EC 3.2.1.8) que são enzimas que clivam aleatoriamente o esqueleto de arabinoxilana produzindo principalmente oligossacarídeos de xilose. Estas são uma das principais enzimas envolvidas na degradação deste polímero. As βxilosidases (EC 3.2.1.37) por sua vez catalisam a hidrólise de xilooligossacarídeos e xilobiose a partir de terminais não redutores liberando xilose (SAHA, 2003).

A utilização de catalisadores enzimáticos nos mais diferentes ramos industriais tem sido uma tendência cada vez maior em todo o mundo, sendo o valor total do mercado estimado em 2,3 bilhões de dólares anuais (MUSSATTO et al., 2007). O mercado se encontra dividido em

três segmentos, o de enzimas técnicas (constituído pelas indústrias de detergente, amido, têxtil, álcool combustível, polpa de papel e celulose e couro), alimentação e bebidas e alimentação animal (PANDEY, 2003). A atuação da fermentação em estado solido com uso de substratos orgânicos é vista como uma proposta atraente para a biocatálise de produtos com alto valor agregado como é o caso das enzimas industriais.

Os resíduos sólidos de agroindústrias são oriundos do processamento de matérias-primas de origem animal e vegetal, o que possibilita a geração de bioprodutos como enzimas de uso industrial, como usinas sucro-alcooleiras, matadouros e indústrias do processamento de carnes (vísceras e carcaça de animais), frutas e hortaliças (bagaço, tortas, refugo e restos), indústria da celulose e papel (resíduos da madeira, lodo do processo de produção e do tratamento de águas residuárias), curtumes (aparas de couro e lodo do processo e tratamento de águas residuais). Dentre esses, as cascas secas de vegetais podem ser utilizadas como alimento para animais ou como matéria prima em processos de fermentação

A agroindústria é um dos segmentos mais importantes da economia brasileira, porém produzem consideráveis quantidades de rejeitos sólidos e líquidos durante todo seu processo produtivo. O aproveitamento dos subprodutos da agroindústria diminui os custos da produção, aumenta o aproveitamento total do alimento e reduz o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente.

Devido a esses fatores, o alvo desse trabalho é a produção e otimização de xilanase através da fermentação em estado sólido, usando como substrato a farinha da casca da batata e como agente de fermentação o fungo filamentoso *Aspergillus níger*.

Material e Métodos

Material

As cascas da batata foram coletadas na Creche Municipal Jalily Pinheiro Acruche, no município de São Francisco de Itabapoana/ RJ. Após a higienização da casca da batata, a mesma foi colocada na estufa de secagem a 70°C por 24 horas e depois de secas foram triturada sem moinho tipo Willey até atingir a granulometria de aproximadamente 2 mm. Esse substrato foi utilizado como a base da Fermentação em Estado Sólido (FES). A cultura esporulada de *A. niger* (em PDA HIMEDIA acidificado a pH 5,2 e inclinado) foi suspensa em solução de Tween 80 (VETEC) a 0,01% procedendo-se a contagem do número de esporos em suspensão, utilizando câmara de neubauer dupla espelhada e microscopio binocular (SANTOS et al. 2011).

Condições experimentais e Métodos Analíticos

Os ensaios foram realizados em erlenmeyers contendo 10 g de farelo de palma. Os cultivos foram conduzidos em estufa bacteriológica refrigerada com ventilação forçada (SOLAB SL 102, Piracicaba-SP, Brasil). Após o processo fermentativo, a extração realizada foi mecânica (filtração por pressão) do extrato enzimático com solução tampão de citrato de sódio (QUIMIS) com o pH 4,8 a 50 mM, o extrato enzimático proveniente da fermentação foi recolhido e centrifugado a 1000 rpm por 10 minutos em centrifuga refrigerada a 4 °C (CIENTEC CT – 6000R Piracicaba, SP – Brazil).

Atividade de xilanase

A atividade da enzima xilanase (endo-1,4-Z-xilanase, EC 3.2.1.8) foi determinada segundo Miller (1959). A reação consiste na mistura contendo 1 mL de sobrenadante da cultura

(extrato enzimático), 1 mL de solução de 1% de xilana (SIGMA) em 0,05 M de tampão acetato pH 5,0, e 2 mL da solução de ácido 3,5- dinitrosalicilico (DNS) foi incubado em 50º C por 30 minutos, e o sistema enzima-substrato foi agitado periodicamente para manter a xilana em suspensão. Os tubos contendo as reações foram lidos em espectrofotômetro (BEL PHOTONICS SF200DM – UV Vis – 1000 nm, Osasco – SP – Brazil) em 540 nm (MILLER, 1959). Os valores foram expressos em U/mL, onde 1 unidade representa 1 mol de xilose produzido por minuto (GOKHALE, 1986).

Análises estatísticas

O planejamento fatorial 2^{3-1} fracionado constituiu, em dois níveis (-1 e +1), envolvendo as variáveis independentes citadas, contou ainda com quatro ensaios sob as condições do pontos centrais (nível zero) para o cálculo de resíduos e erro padrão, a partir do verificação dos resultados foram aplicados na metodologia de Superfície de Resposta (SR) e do Delineamento de Box e Behnken (DBB). Assim, o planejamento fatorial consistiu em 18 ensaios e os valores das variáveis estudadas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Informação dos formatos para o trabalho completo do IV Cibio.

Fatorial em valores codificados				Fatorial em valores codificados		
Ensaio	X1, h	X2, aw	X3, C°	X1, h	X2, aw	X3, C°
1	24	0,786	25	-1	-1	-1
2	24	0,786	35	-1	1	-1
3	120	0,786	25	1	-1	-1
4	120	0,786	35	1	1	-1
5	24	0,903	25	-1	-1	1
6	24	0,903	35	-1	1	1
7	120	0,903	25	1	-1	1
8	120	0,903	35	1	1	1
9	72	0,786	30	0	0	-1
10	72	0,903	30	0	0	1
11	24	0,865	30	-1	0	0
12	120	0,865	30	1	0	0
13	72	0,865	25	0	-1	0
14	72	0,865	35	0	1	0
15	72	0,865	30	0	0	0
16	72	0,865	30	0	0	0
17	72	0,865	30	0	0	0
18	72	0,865	30	0	0	0

* Matriz do planejamento experimental.

A análise de variância (ANOVA) para os modelos foi realizada e a importância do modelo foi examinada pelo teste estatístico de Fisher (teste F) através do teste de diferenças significativas entre as fontes de variação nos resultados experimentais, ou seja, a significância da regressão (SOR), a falta de ajuste, e o coeficiente de determinação múltipla (R2). Em primeiro lugar, os resultados obtidos a partir de experiências foram submetidos a análise de variância ANOVA,

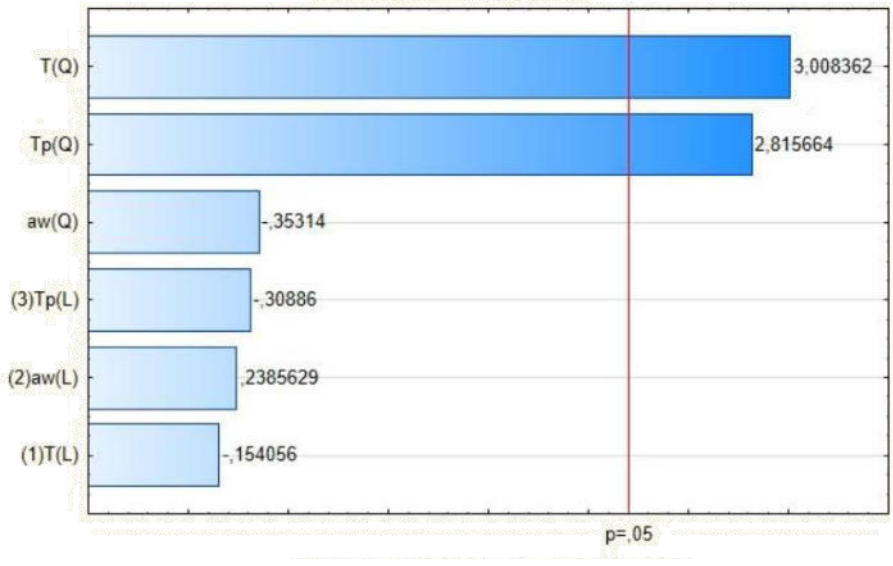
e os efeitos foram considerados significativos quando p <0,01. Com um modelo polinomial de segunda ordem (Eq. (1)), dados experimentais e de regressão coeficiente foram ajustadas e coeficientes de regressão foram obtido por regressão linear múltipla, onde b0, bi, bii, bij, e bijk representar todo o processo constante efeito, os efeitos linear e quadrática de Xi, e o efeito de interação entre Xi e Xj, Xi, Xj e Xk sobre a atividade enzimática, respectivamente. O software estatístico utilizado foi o *Statistica*® versão 7.

$$EA = \beta_o + \sum\beta_i X_i + \sum\beta_{ii} X_i^2 + \sum\beta_{ij} X_i X_j + \sum\beta_{ij} X_i X_j X_k \quad (1)$$

Resultados e Discussão

O fungos filamentoso demonstrou capacidade para produzir as frações enzimáticas conforme afirma Santos et al. (2012). A partir dos valores experimentais foram elaborados os ajustes estatísticos com a finalidade de gerar modelos significativos, com base no teste de Fisher e no R^2. De acordo com Granato et al. (2010), para validar o modelo ajustado os valores otimizados das variáveis independentes devem ser usados no procedimento inicial a fim de verificar o poder de previsão dos modelos desenvolvidos por meio da comparação de dados teóricos previsto para o modelo experimental. Na figura 1 são representados os valores do teste t em gráfico de Pareto que demostra as significância das variáveis estudas na constituição dos modelos matemáticos.

Figura 1 – Pareto gráfico mostrando a significancia das variáveis tempo de fermentação (T), temperatura (TP), e atividade de água (aw)



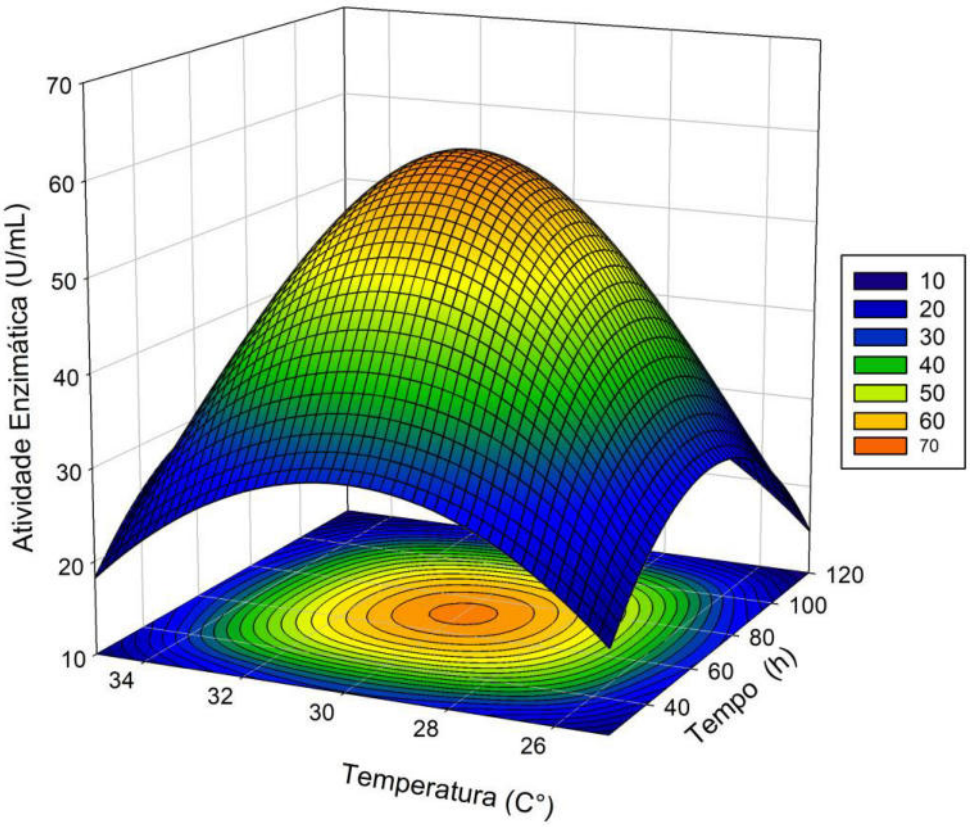
A partir dos dados apresentados no gráfico de Pareto é possível visualizar que para nenhuma das enzimas quantificadas o efeito de variação da atividade de água foi válido, de acordo Araujo et al. (2005), com pesquisas com a palma forrageira obteve resultados que demostram que acontece pelo fato da atividade de crescimento fúngico está na faixa de atividade de água entre 0,7 a 0,9 aw, faixa esta que foi a mesma que a utilizada no trabalho,

assim o fungo obteve o crescimento em todas as atividades de água testadas não apresentando diferença significativa entre o desenvolvimento fúngico e entre a síntese enzimática. O tempo de fermentação foi a variável mais significativa para a produção das enzimas xilanase sintetizada pelo *A. niger*. Abaixo está descrito o modelo (Equação 2) proposto em termos de valores não codificados.

$$E1 = 26{,}23 - 1{,}28X1 - 23{,}78X1^2 - 2{,}54X3 - 22{,}26X3^2 \quad (2)$$

A partir do modelo foi plotado o gráfico de superfície de resposta com base nas variáveis independentes tempo e temperatura, que estão representados na Figura 2. Com a otimização da enzima xilanase produzida pelo *A. niger* foram encontrados os valores de 74horas de fermentação a 31°C com atividade enzimática de 65,34 U/mL.

Figura 2 – Superfície de resposta das atividades enzimáticas em função do tempo de fermentação e temperatura



Conclusão

A casca de batata é um substrato relevante para a síntese da enzima xilanase através da fermentação em estado sólido. Foi possível a otimização da produção

enzimática pela metodologia de superfície de resposta, o que denota grande possibilidade de integração do complexo enzimático a processos industriais.

Agradecimentos

A FAPERJ e a Universidade Estácio de Sá pelo apoio técnico financeiro concedido.

Referências Bibliográficas

GOKHALE, D. U. (1986).Xylanase and betaxylosidase production by *Aspergillus niger* NCIM 1207. *Biotechnology Letters*, v. 8, p. 137-138,

GRANATO, D., RIBEIRO, J. C. B., CASTRO, I. A., MASSON, M. L. (2010). Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surfasse methodology. *Food Chemistry,* v.121, p. 899–906,

MILLER, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, n.31, 426–428.

MUSSATTO, S. I.; FERNANDES, M.; MILAGRES, A. M. M. (2007). Enzimas: Poderosa ferramenta na indústria. *Ciência Hoje*, v. 41 (242), p. 28-33,.

PANDEY, A (2003). Solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 13, 81–84.

SANTOS, T. C.; CAVALCANTI, I. S.; BONOMO, R. C. F.; SANTANA, N. B.; FRANCO, M. (2011). Optimization of productions of cellulolytic enzymes by Aspergillus niger using residue of mango a substrate. *Ciência Rural* (UFSM. Impresso), v. 41, p. 2210-2216.

SHAH, A. R., MADAMWAR, D. (2005) Xylanase production by a newly isolated *Aspergillus foetidus* strain and its characterization. *Process Biochemistry*. v. 40, p. 1763- 1771.

Syngas fermentation by *Clostridium carboxidivorans* using low cost media

Carolina S. J. Benevenuti[1], Tatiana Felix Ferreira[1], Priscilla Filomena F. Amaral[1]

[1] *BIOSE, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-909 – Rio de Janeiro, RJ, Brazil, carolbenevenuti@hotmail.com*

Abstract

Two different complex culture media were tested for *Clostridium carboxidivorans* syngas fermentation. Tryptone, Yeast extract and Glucose media (TYG) and Tryptone, Peptone, Yeast extract, Glucose and L-arginine media (TPYGarg) were developed previously from ATCC2713 medium by experimental design. TYG and TPYGarg are reduced in cost and in number of components in relation to ATCC2713. TPYGarg media led to 50% more biomass production than TYG medium, achieving 1.36 g d. w. cells/L. In TPYGarg medium 1.11 g/L of ethanol and 0.71 g/L of butanol were produced by *C. carboxidivorans*. Besides, this medium (TPYGarg) is 70% cheaper than ATCC2713.

Keywords: syngas fermentation; *Clostridium carboxidivorans*; ethanol; experimental design.

Introduction

The production of fuels and energy from renewable resources has been attracting the eye of scientific community around the world in the last decade as it represents a suitable solution to the growing energy demand, to the large greenhouse gases emission, and to the huge production of byproduct in the agroindustry, as bagasse and straw of food cultures (Ramió-Pujol et al., 2015). Ethanol and butanol are important biofuels that can be produced through fermentation processes with different substrates and biocatalysts. Currently, these alcohols are produced in the industry from sugarcane or corn, through a first generation fermentation process, which contribute to the competition between food and fuel production. In this context, lignocellulosic feedstock from agricultural waste or directly from energy crops emerge as alternative raw material for biofuel production as they are inexpensive, renewable, and do not affect food supply. However, a complex pre-treatment is required to obtain simple sugar from the polymeric structure of lignocellulosic (Li et al., 2018). An interest route to use lignocellulosic feedstock is through gasification, eliminating all pre-treatment steps and allowing the full use of this biomass, including lignin. The biomass gasification results in syngas (composed basically by carbon monoxide, carbon dioxide, and hydrogen) that can be converted into ethanol and higher alcohols as butanol and hexanol by *Clostridium* species as *Clostridium carboxidivorans* through fermentation, characterizing a hybrid thermo/biochemical process (Fernández-Naveira et al., 2017a).

A recurrent problem of processes anaerobic bioprocesses is the low cell density obtained (Coelho et al., 2016). It is important providing proper medium components that promote a satisfactory cell growth and products synthesis. Dedicated to that purpose, two culture media were previously developed through experimental design steps in order to

minimize ATCC2713 medium, indicated medium by ATCC Company to *Clostridium carboxidivorans* growth.

Materials and Methods

Microbial Culture and Syngas Composition

Clostridium carboxidivorans DSM15243 was obtained at Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH (Braunschweig, Germany) and stored at 4°C in Brain Heart Infusion (BHI) from Sigma-Aldrich. Syngas was provided by White Martins Praxair Inc. and is composed of 25% CO, 43.9% H_2, 10.02% CO_2, 10.05% N_2 e 11.01% CH_4.

Culture Media Composition and Growth Conditions

Syngas fermentations by *Clostridium carboxidivorans* were carried out using TYG and TPYGarg media. TYG and TPYGarg were previously developed based on ATCC2713 by Botelho (2016) and Ribeiro (2017), respectively, in order to minimize them while optimizing cell growth (TYG) and ethanol production (TPYGarg). The compositions and costs of each medium are shown on Table 1. ATCC2713 medium cost around 8 U$/L (Botelho, 2016).

Seed cultures were obtained by culturing cells in 50 mL of each medium in 100 mL serum bottles purged with syngas. Bottles were incubated horizontally at 37°C and 150 rpm in TECNAL TE-420 shaker for 24 h. Fermentations were conducted in 100-mL serum bottles (Wheaton, NJ) with 50 mL working volume containing the two different media described in Table 1. The media were purged with syngas for 5 min to remove O_2. The glass bottles were sealed with gas impermeable butyl rubber septum stopper, and aluminum seal and sterilized in autoclave at 0.5 atm for 20 min. After sterilization, seed culture was aseptically inoculated in all glass bottles to achieve 0.05 g d.w.cells/L. Syngas was added in the headspace of all glass bottles until 1.22 atm and the bottles were incubated horizontally at 37°C and 150 rpm in TECNAL TE-420 shaker. Samples were collected for optical density (OD) measurement and High Performance Liquid Chromatography (HPLC) analysis.

Table 1. TYG and TPYGarg compositions and cost.

Components (g/L)	TYG	TPYGarg
Tryptone	14.2	12
Peptone from gelatin	-	12
Yeast extract	9.2	7
D(+)Glucose	9.2	1
L-arginine	-	1.2
Total cost (US$/L)*	1.87	2.37

*Cost was calculated based on Sigma-Aldrich prices.

Cell and products concentrations

Optical density (OD) was measured at 600 nm using a UV-VIS spectrophotometer (Bell SP 2000 UV). Cell concentration (g dry weight ((d.w)cells/L) was estimated using a calibration curve (0.379 g d.w.cells/L per OD unit). Ethanol and butanol were analyzed using

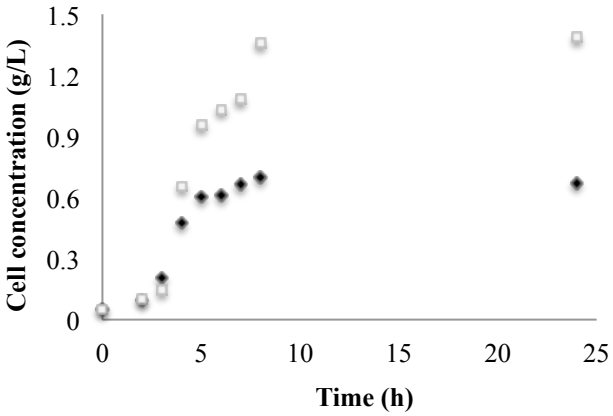
a Shimadzu HPLC (High performance liquid chromatography) equipped with Aminex® HPX-87H, 300 x 7,8mm (Bio-Rad Laboratories Ltd) column and IR detector (Shimadzu®). The mobile phase was H_2SO_4 5 mM, 0.6 mL/min flow rate and 20 µL injection volume. The column temperature was set at 55 °C.

Results and Discussion

Clostridium carboxidivorans cell growth

A short lag phase was observed for *C. carboxidivorans* for all media. However, higher specific growth rate of 0.82 h^{-1} was obtained for TPYGarg. The maximum biomass concentration of 1.36g d.w.cells/L was reached after 8 h of fermentation on TPYGarg and 0.68g d.w.cells/L on TYG medium (Figure 1). All experiments were carried out with glucose-rich media containing syngas. Specific growth rate is higher than recently reported for ABE fermentation, 0.080 h^{-1}, (Fernández-Naveira et al., 2017b) and also for HBE fermentation, 0.086 h^{-1} (Fernández-Naveira et al., 2017a).

Figure 1. Kinetic of *C. carboxidivorans* growth on TYG and TPYGarg media.

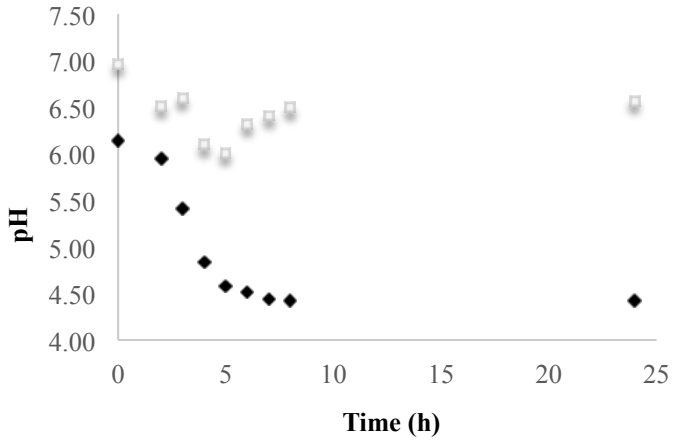


(Black diamond: TYG; White square: TPYGarg)

In classical ABE fermentation using glucose as sole carbon source and in HBE fermentation using gaseous substrate, the bioconversion by Clostridia occurs in two steps. First, the exponential bacterial growth can be observed followed by the production of organic acids, known as acidogenesis. Then, these acids are converted into solvents as ethanol, butanol and acetone in ABE process, and hexanol, butanol and ethanol in HBE process, known as solventogenesis. The acidogenic phase usually shows greater efficiency at neutral or slightly high pH levels, whereas leads to the medium acidification as result of acids production. Concerning to ABE fermentation, studies report that solventogenic phase is stimulated during medium acidification (Fernández-Naveira et al., 2017b). On the other hand, HBE fermentation studies demonstrate that alcohols production usually occurs around pH 6.0 (Abubackar et al., 2016). Below this level, low alcohols production and a decreasing growth capacity are usually attributed to the "acid crash" phenomenon. This phenomenon occasionally occurs in pH-uncontrolled batch fermentations resulting in premature cassation of ABE/HBE production (Maddox et al., 2000). We can see these two phases during no pH control fermentation on TPYGarg medium. (Figure 2). A decrease in pH values can be detected due to acidogenic phase followed by an increase in pH level when solventogenic

phase started. The analysis of pH in TYG medium shows a significantly reducing on its values during acidogenic phase, reaching 4.42 after 8 h. This value possibly explains the low cell growth and the absence of solventogenic phase, according to the "acid crash" phenomenon.

Figure 2. Values of pH during syngas fermentation by *C. carboxidivorans.*

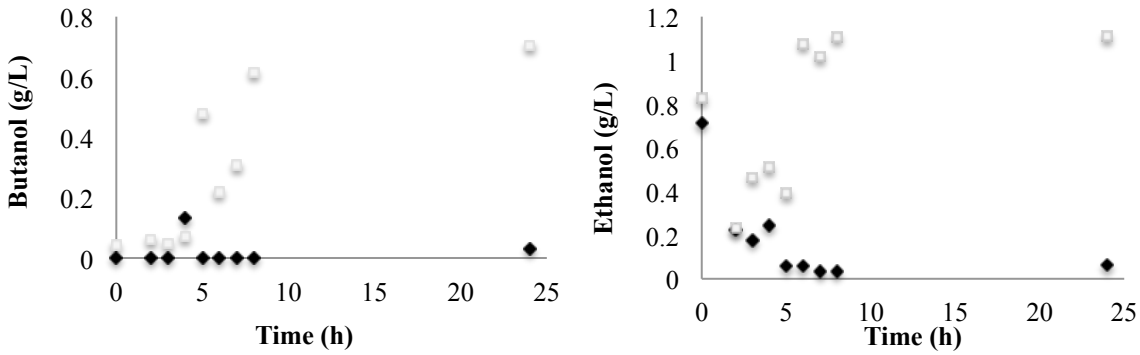


(Black diamond: TYG; White square: TPYGarg)

Production of solvents

The higher productions of ethanol and butanol, respectively, 1.11 $g.L^{-1}$ and 0.71 $g.L^{-1}$, were detected for TPYGarg (Figure 3). Ethanol and butanol productivities were much higher than those reported in literature. In TPYGarg, 0.18 $g.L^{-1}.h^{-1}$ of ethanol was achieved, while 0.03 $g.L^{-1}.h^{-1}$ was reported by Fernández-Naveira *et al*. (2017a). Fernández-Naveira *et al*. (2017a) reported 0.007 $g.L^{-1}.h^{-1}$ of butanol while in this study more than ten times this value was achieved (0.08 g/L.h). On TYG medium, although it was reported a few cell growth, the solvent production cannot be observed, probably due to the "acid crash" phenomenon as described in the previous section.

Figure 3. Production of butanol and ethanol during syngas fermentation by *C. carboxidivorans.*



(Black diamond: TYG; White square: TPYGarg)

Conclusion

TPYGarg presented the highest cell growth and the largest solvent production among the two media tested for syngas fermentation by *Clostridium carboxidivorans*. Besides, it cost 70% less than ATCC2713 medium.

Acknowledgement

The authors thank the financial support of Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

References

Botelho, A.M., 2016. Aumento da produção de biomassa de Clostridium carboxidivorans utilizando gás de síntese para fins biotecnológicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Fernández-Naveira, Á., Veiga, M.C., Kennes, C., 2017a. Effect of pH control on the anaerobic H-B-E fermentation of syngas in bioreactors. J. Chem. Technol. Biotechnol. 92, 1178–1185.

Fernández-Naveira, Á., Veiga, M.C., Kennes, C., 2017b. Glucose bioconversion profile in the syngas-metabolizing species Clostridium carboxidivorans. Bioresour. Technol. 244, 552–559.

Li, D., Meng, C., Wu, G., Xie, B., Han, Y., Guo, Y., Song, C., Gao, Z., Huang, Z., 2018. Effects of zinc on the production of alcohol by Clostridium carboxidivorans P7 using model syngas. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 45, 61–69.

Ramió-Pujol, S., Ganigué, R., Bañeras, L., Colprim, J., 2015. Incubation at 25 °C prevents acid crash and enhances alcohol production in Clostridium carboxidivorans P7. Bioresour. Technol. 192, 296–303.

Ribeiro, R. dos R., 2017. Produção de etanol de segunda geração a partir de gás de síntese por rota biotecnológica. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Capítulo 8. Outras Tecnologias para Bioenergia

Célula Solar Sensibilizada pelo Corante da *Prunus domestica*

Julianno Pizzano Ayoub[1], Gideã Taques Tractz[2] , Fabricio Hernandes de Freitas[3], Wallace Lima Paulo[4] Paulo Rogério Pinto Rodrigues[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Guarapuava, Paraná, Brasil. juliannopa@hotmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Química*

[3]*Universidade Estadual de Maringá , Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

[5]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

Resumo

A demanda mundial por energia elétrica vem aumentando muito nas últimas décadas, o que leva a uma busca por fontes alternativas de energia, desse modo a energia solar vem recebendo atenção nos últimos anos, com ao aumento da preocupação ambiental. Devido ao seu elevado custo de instalação ainda não se popularizou, e, as células de Grätzel, também conhecidas como células solares sensibilizadas por corante, se mostram atrativas em virtude de seu baixo custo. Este trabalho teve como objetivo produzir e caracterizar uma célula solar sensibilizada por corante natural, extraído da ameixa preta (Prunus domestica) em solução etanoica 100%, com interface FTO/TiO_2/Corante natural/Eletrólito/Platina. Seu funcionamento se dá através da capacidade do corante excitado pela radiação solar, transferir elétrons para a banda de condução do óxido semicondutor, gerando corrente. As medidas eletroquímicas foram realizadas em um potenciostato com simulador solar, utilizando uma área da célula delimitada de 0,2 cm^2, com um espectro solar padrão de AM 1.5G e potência incidente de 100 mW cm^{-2}. As técnicas utilizadas foram espectroscopia na região UV-VIS, fotocronoamperometria, curvas de densidade de corrente em função do potencial e medidas do potencial de circuito aberto em função do tempo. A célula gerada foi fotossensível com ótimo tempo de carga/descarga com corrente próxima a j= 0,79mA cm^{-2}.

Palavras-chave. Energia solar. Corante Natural. Bioenergia

Climate model and annual suitability for Eucalyptus grandis production using CLIMEX in the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil

PINTO, T.A.A [1], AZEVEDO, M.L.[2], RAMOS, R.S.[3], SILVA, R.S. [4], SOARES, J.R.S.[5]

[1]*Departamento de Agronomia – UFVJM, campus JK, Diamantina, MG, Brasil, e-mail: thiago.pinto@ufvjm.edu.br*

[2] *Departamento de Engenharia Florestal – UFVJM, campus JK, Diamantina, MG, Brasil*

[3] *Departamento de Entomologia – UFV, Viçosa, MG, Brasil*

[4] *Departamento de Agronomia – UFVJM, campus JK, Diamantina , MG, Brasil*

[5] *Departamento de Fitotecnia – UFV, Viçosa, MG, Brasil*

Abstract

The genus Eucalyptus is the most adopted forestry cultivated species. The Jequitinhonha Valley, in Minas Gerais State, is one of the main eucalyptus producing regions of the Minas Gerais state, the most productive in Brazil, and its climate is characterized by being drier. In this work, we performed an ecological niche modelling using CLIMEX software for Eucalyptus grandis species, using the time series modelling approach. We focused on the municipalities of Itamarandiba and Carnonita, located in the Jequitinhonha Valley region, in order to identify suitable locations and period of the year ideal for cultivation of this species. CLIMEX software simulates the mechanisms that limit species' geographical distributions and determines their seasonal phenology, which may affect species abundance. The adjusts of CLIMEX parameters were based on the growing requirements of the E. grandis seedlings related to environmentals variables throughout the production process. In the regions of Jequitinhonha Valley - MG, the best climatic conditions for E. grandis were in November, December and January, and the low climatic conditions were in June-September. This corresponds to the reality of Eucalyptus production in regions of tropical climate, where water stress (dry season) is the factor that most limits Eucalyptus productivity.

Keywords: climate change, eucalyptus, ecological niche modelling, climate adequacy, Jequitinhonha Valley**.**

Introduction

Forestry economy is based on the rational use of resources for the production, distribution and consumption of forest products through the exploitation of native or planted forests. Based on sustainable exploitation, Brazil is a global leader in forestry productivity. Among the options of cultivated species, the genus *Eucalyptus* is the most adopted. Today the area reforested with

eucalyptus covers 2 million hectares in Minas Gerais. Jequitinhonha Valley represent almost 274 thousand hectares planted (IBGE, 2017).

The increase in eucalyptus cultivation in Brazil is due in large part to its use in the pulp and paper industry, as well as being an option for reforestation of degraded areas (APARECIDA et al., 2016; DA SILVA, 2012). However, the characteristic that most contributed to its adoption is its adaptation to different climatic conditions and soil types, becoming a species of easy conduction and diversified use (APARECIDA et al., 2016; DE SOUZA, 2012). Although soil conditions favor eucalyptus growth, the climate is still one of the main factors influencing its survival in a given location (BINKLEY et al., 2017). For example, ranging the rainfall from 800 mm $year^{-1}$ to 1600 mm $year^{-1}$ tripled the production of eucalyptus wood in Bahia state (STAPE et al., 2010).

However, increases in the value of food crops could redirect eucalyptus plantations to drier sites, which would require more specific genotypes and new management practices (BINKLEY et al., 2017). The Jequitinhonha Valley, in Minas Gerais State, is one of the main eucalyptus producing regions of the state, and its climate is characterized by being drier (DE SOUZA, 2012). This region has been increasing its importance as a producer of charcoal from planted eucalyptus forests while reducing the amount of charcoal from cerrado (savannah) woods (AGUILAR et al., 2018; DE SOUZA, 2012). For this reason, identifying areas having climatic suitability for eucalyptus cultivation is essential to achieve high yields.

Species Distribution Models (SDMs) are statistical techniques that describe how a population can be distributed in space and time, and it can describe the fundamental niche of species (PETERSON et al., 2013). It has been used to evaluate potential changes in the global distribution of poikilothermic species under the assumption that the environmental variables that make up the ecological niches can be used to describe regions suitable for their growth within the range of species (KRITICOS et al., 2015; SHABANI et al., 2016). Modelling studies can be a starting point to direct process improvement, genetic breeding programs, and allow for planning increase in planted area (RAMIREZ-CABRAL; KUMAR; SHABANI, 2017; SHABANI et al., 2016).

In this work, we performed an ecological niche modelling using CLIMEX software for *Eucalyptus grandis* species, using the time series modelling approach. We focused on the municipalities of Itamarandiba and Carnonita, located in the Jequitinhonha Valley region, in order to identify suitable locations and period of the year ideal for cultivation of this species.

Material and Methods

CLIMEX MODEL

CLIMEX is a software that provides a resource to compare Locations/Years and create maps of average conditions. This tool creates map sequences that allow us to visualize how suitability changes across both space and time (KRITICOS et al. 2015). The simulation of how climatic factors may simultaneously influence species range in space and time is considered a significant and powerful tool not available in other software (KRITICOS et al. 2015).

CLIMEX software simulates the mechanisms that limit species' geographical distributions and determines their seasonal phenology, which may affect species abundance (KRITICOS et al. 2015). This software enables us to describe how species respond to climatic variables at different, specific times (e.g. daily or weekly) (KRITICOS et al. 2015). This software helps to predict and map potential distributions using biological information from the species and from the locations where their occurrence is reported. (KRITICOS et al. 2015). The Growth and Stress Indices are combined into an Ecoclimatic Index (EI), which is considered an average yearly index; this index gives an overall measure of climatic suitability of a location for a target species. The EI values are scaled from 0 to 100.

EI values close to 0 means that the location is inadequate for the establishment of the species while an EI value higher than 30 indicates that there is suitability in terms of climatic conditions for the growth and development of a species (KRITICOS et al. 2015). We used CLIMEX version 4.0, which is software that can draw maps describing the spatial distribution of species over a given period of time using the weekly growth index (GIw) and describe suitable conditions for population growth on a scale from 0 to 1 (KRITICOS et al. 2015). GIw is maximized (GIw > 0) in appropriate seasons, when the weekly suitability of climate for species growth and development is present, and minimized during unfavorable seasons. To determine the GIw value, we used the temperature (TI) and moisture (MI) indices to include *E. grandis* growth requirements. We used the stress indices in relation to the moisture index and temperature for species survival. These indices need to be considered because all of these abiotic indices contribute to a good species distribution result in relation to the adverse climatic conditions that occur at different times throughout the year (KRITICOS et al. 2015).

Model Calibration

For parameter adjustments, we used *E. grandis* biological data from the literature. In our model, we used CliMond 10′ gridded climate data. To represent historical climate (data from 1961 to 1990, 30 years, centered on 1975), we used the average maximum monthly temperature (Tmax), average minimum monthly temperature (Tmin), average monthly precipitation (Ptotal) and relative humidity at 09:00 h (RH09:00) and 15:00 h (RH15:00).

Parameters used on CLIMEX

The adjusts of CLIMEX parameters were based on the growing requirements of the *E. grandis* seedlings related to environmentals variables throughout the production process. The parameters and values are presented at the Table 1.

Table 1. CLIMEX parameter values used for *Eucalyptus* seedlings modelling.

Index	Parameter	Values	Unit
Temperature	DV0 = lower threshold	5	°C
	DV1 = lower optimum temperature	10	°C
	DV2 = upper optimum temperature	36	°C
	DV3 = upper threshold	38	°C

Moisture	SM0 = lower soil moisture threshold	0.1	a
	SM1 = lower optimum soil moisture	0.7	a
	SM2 = upper optimum soil moisture	1.5	a
	SM3 = upper soil moisture threshold	2	a
Cold stress	TTCS = temperature threshold	5	°C
	THCS = stress accumulation rate	-0.0001	$week^{-1}$
Heat stress	TTHS = temperature threshold	38	°C
	THHS = stress accumulation rate	0.00001	$week^{-1}$
Dry stress	SMDS = soil moisture threshold	0.1	
	HDS = stress accumulation rate	-0.01	$week^{-1}$
Wet Stress	SMWS = soil moisture threshold	2	a
	HWS = stress accumulation rate	0.002	$week^{-1}$
Degree Days	PDD= degree days per generation	1065	°C days

Meteorological data

The monthly time–series was used to compare locations by loading the model with "CL – Grid Data" simulation file within a year in CLIMEX (KRITICOS et al. 2015). Climatic Research Unit (CRU) - CRU TS3.23, Norwich (http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg.htm), Time-Series (TS) Version 3.23 with monthly climate variations was used. This version has the data for all parameters reformatted which is required when using this software. Variables such as monthly average daily maximum and minimum temperature, precipitation and vapor pressure (HARRIS; JONES, 2017) were included. Then, CLIMEX model (from January 2012 to December 2012) and maps for the same period were generated.

Results and Discussion

The generated model demonstrates that climate suitability based on the CLIMEX Ecoclimatic Index (EI) is consistent with the current regions where Eucalyptus plantations are located in Central and South America (Fig. 1A). For example, the areas of *Eucalyptus* plantations in Brazil occur throughout the national territory, Southeast region (54.2%), where Minas Gerais State is located, was the one with the highest number of planted areas (ABRAF, 2014).

The model presented was based on climatic parameters that correspond to the environmental adequacy necessary for the production of Eucalyptus seedlings. Our model indicates optimal climatic adequacy for seedling production in all areas of Minas Gerais (with emphasis on the Jequitinhonha Valley region) (Fig.1), which is confirmed by the high productivity of this biomass raw material in the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil.

For the construction of the model the biological parameters for the growth and development of *E. grandis* were used according to (ALLEN et al. 2010; SANTANA DE OLIVEIRA et al. 2017). However, we emphasize the importance of adjusting some parameters through experiments in biology (plant growth and development) mainly in relation to the interaction of

stresses which may impact the performance of plants. These parameters were used to generate the current model through the CliMond 10'-gridded climate data for modeling in CLIMEX.

In the regions of Jequitinhonha Valley - MG, the best climatic conditions for *E. grandis* were in November, December and January, and the low climatic conditions were in June-September. This corresponds to the reality of Eucalyptus production in regions of tropical climate, where water stress (dry season) is the factor that most limits Eucalyptus productivity. These results indicate that *E. grandis* is a species capable of developing in different regions and in a very extensive way, as presented in the model, this is due to the wide range of average temperature in which the species is able to withstand. We also observed that in the period of low rainfall (June-September), the months of lesser suitability for the species in the Jequitinhonha Valley, MG regions, which may disadvantage the seedlings production process in this period (Fig.2).

This study allows to indicate the best seasons for the implantation of nurseries in the Jequitinhonha Valley, taking into account the most favorable conditions for the species. Variables such as temperature and humidity, when well adjusted, increase productivity and are important for the right choice of certain species of Eucalyptus. In addition, further research should be conducted to indicate other important factors and interactions of extresses that may influence the seasonal variations of *E. grandis*.

Thanks

The authors are thankful to the Faculdade de Ciências Agrárias and the Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação of UFVJM for the logistic support at the event participation.

References

ABRAF (2014). Planted Forests in Brazil. Statistical Yearbook.

AGUILAR, M. V. M. et al. (2018). Caracterização do mercado de produtos florestais no Vale do Jequitinhonha. SEEFLOR. Anais.Disponível em: <http://www2.uesb.br/eventos/seeflor/wp-content/uploads/2018/03/Trabalho-28.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2019

ALLEN, C. D. et al. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest ecology and management*, v. 259, n. 4, pp. 660-684.

APARECIDA, C. et al. (2016). Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances Breve histórico do melhoramento genético do eucalipto no Brasil sob a ótica dos avanços biométricos. *Ciência Rural*, v. 46, n. 9, pp. 9.

BINKLEY, D. et al. (2017). The interactions of climate, spacing and genetics on clonal Eucalyptus plantations across Brazil and Uruguay. *Forest Ecology and Management*, v. 405, pp. 271–283.

DA SILVA, M. R. (2012). Impact of Eucalyptus plantations on pasture land on soil properties and carbon sequestration in Brazil. [s.l.] *Swedish University of Agricultural Sciences*.

DE SOUZA, A. P. (2012). Produção de madeira de eucalipto em propriedades rurais no Alto Jequitinhonha - MG. [s.l.] Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

IBGE. (2017). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>. Acesso em: 26 maio. 2019.

KRITICOS, D. J. et al. (2015). CLIMEX version 4: exploring the effects of climate on plants, animals and diseases. Canberra: CSIRO.

PETERSON, A. T. et al. (2013). Ecological niches and geographic distributions. Princeton: Princeton University Press. v. 49.

RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; SHABANI, F. (2017). Global alterations in areas of suitability for maize production from climate change and using a mechanistic species distribution model (CLIMEX). *Scientific reports*, v. 7, n. 1, pp. 5910.

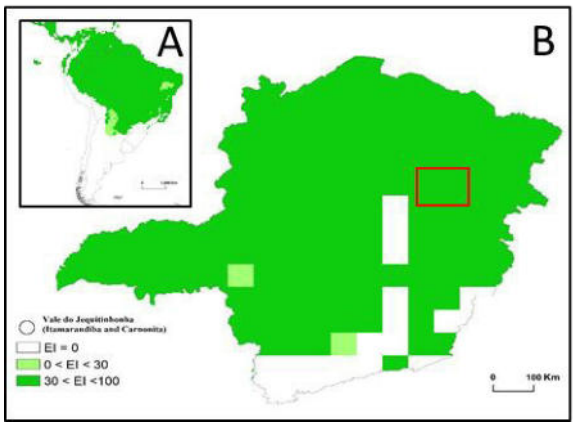
SANTANA DE OLIVEIRA, A. et al. (2017). Modeling the growth of Eucalyptus plants based on the thermal sum. *Revista Árvore*, v. 41, n. 2.

SHABANI, F. et al. (2016). Projected future distribution of date palm and its potential use in alleviating micronutrient deficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 96, n. 4, pp. 1132–1140.

STAPE, J. L. et al. (2010). The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management*, v. 259, n. 9, pp. 1684–1694.

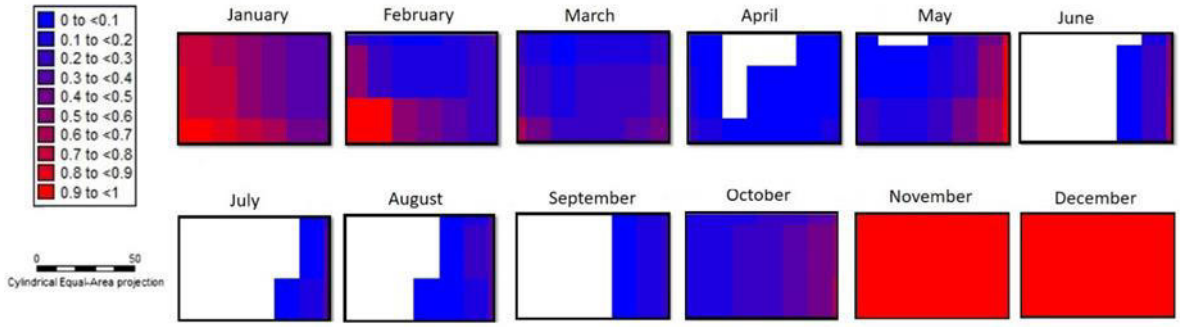
Attachments and Apendix

Figure 1. Current distribution of *Eucalyptus grandis* based on EI index. The colours indicate climate areas unfavourable (white, EI = 0), less favourable (light green, 0 < EI < 30) and highly favourable (dark green, 30 < EI < 100), for *Eucalyptus grandis*. A)South America, B) Minas Gerais State. The red rectangle indicates the municipalities of Itamarandiba and Carbonita, in the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil



Fonte: PINTO et all, 2019.

Figure 2. Climate variability by month based on growth index (0 to 1) for *Eucalyptus grandis*, displaying an area in the municipalities Itamarandiba and Carbonita (of the Jequitinhonha Valley, MG – Brazil).



Fonte: PINTO et all, 2019.

CLONAGEM DE TRANSPORTADORES DE SACARÍDEOS ORIUNDOS DE *Spathaspora arborariae* EM LINHAGEM RECOMBINANTE DE *Saccharomyces cerevisiae*

Kretzer, L. G.[1] & Stambuk, B. U.[2]

[1,2] Laboratório de Biologia Molecular e Biotecnologia de Leveduras, Departamento de Bioquímica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, E-mail: leo_kretzer@hotmail.com

O etanol de 2ª geração (2G) é uma alternativa energética que diminui os impactos ambientais gerados pela utilização dos combustíveis fósseis. A xilose é o segundo monossacarídeo em abundância na biomassa lignocelulósica e sua eficiente fermentação é necessária para que se estabeleça a produção industrial de etanol 2G. Entretanto, a levedura Saccharomyces cerevisiae não é capaz de utilizar xilose. Assim, é necessária a utilização de uma cepa recombinante que possua capacidade de metabolizar essa pentose. O primeiro passo na via de metabolização é a internalização do sacarídeo, feito por meio de transportadores. Vários organismos metabolizam xilose eficientemente e possivelmente apresentam transportadores dessa pentose. Spathaspora arborariae é um desses organismos e teve seu genoma sequenciado, revelando possuir dez possíveis transportadores de sacarídeos. Desses, quatro foram previamente caracterizados, não apresentando atividade sobre xilose, restando seis transportadores que possivelmente possuam atividade sobre esse monossacarídeo. Este trabalho objetivou a clonagem de genes de Sp. arborariae preditos como transportadores de sacarídeos e expressá-los em S. cerevisiae, caracterizando a capacidade de crescimento e fermentação das linhagens obtidas em diferentes sacarídeos. Para tal, dois dos seis genes que codificam transportadores sacarídeos de Sp. arborariae que ainda não haviam sido caracterizados foram amplificados a partir do genoma dessa levedura. Em seguida, ambos os genes foram inseridos em plasmídeos que promovem expressão constitutiva. Cada plasmídeo foi inserido em linhagem de S. cerevisiae hxt-null capaz de metabolizar xilose, permitindo a caracterização desses transportadores com base em experimentos de crescimento e fermentação, determinando o consumo de sacarídeos, produção de etanol e outros metabólitos. As linhagens contendo os genes SaXUT1 e tSaXUT1 também foram testadas quanto à suas capacidades de fermentação simultânea de sacarose e xilose. A linhagem contendo o gene SaT10 apresentou capacidade de crescimento e fermentação tanto de glicose quanto de xilose, indicando que esse transportador é um transportador de glicose não seletivo. A linhagem contendo o gene SaT8 foi capaz de fermentar glicose apesar de seu crescimento nessa fonte de carbono não ter sido observado. Com o intuito de simular condições de produção de etanol 2G integrada à produção convencional de etanol (1G), foram testadas as capacidades de co-fermentação de xilose e sacarose pelas linhagens de S. cerevisiae desenvolvidas, além das linhagens contendo o gene SaXUT1 e sua versão truncada (tSaXUT1). Os resultados mostraram que a capacidade fermentativa tanto de glicose quanto de xilose é prejudicada em ambas as linhagens na presença de frutose no meio, proveniente da hidrólise extracelular da sacarose. Portanto, a capacidade de internalização de xilose por Sp. arborariae deve ser reflexo da atividade de algum de seus outros transportadores de açúcares.

Palavras-chave. Etanol 2G; biotecnologia; fermentação; xilose; leveduras.

Apoio Financeiro: CAPES, CNPq e FAPESC

Comparação de Álcoois com Diferentes Polaridades Utilizados como Soluções Extratoras para Produção de Célula Solar

Julianno Pizzano Ayoub[1], Gideã Taques Tractz[2] , Fabricio Hernandes de Freitas[3], Wallace Lima Paulo[4], Paulo Rogério Pinto Rodrigues[5]

[1]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, Guarapuava, Paraná, Brasil. juliannopa@hotmail.com*

[2]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Química*

[3]*Universidade Estadual de Maringá , Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

[4]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

[5]*Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia*

Resumo

A energia solar é, atualmente uma das formas de energia que menos prejudicam o meio ambiente e o Brasil tem clima e localização geográfica que favorece o seu uso. Porém, aproximadamente 90% dos módulos solares comercializados são baseados em células fotovoltaicas de silício, que possuem elevado custo. Nesse contexto, surgiram as células solares sensibilizadas por corantes naturais, as quais vem tendo destaque, pois, além de baixo custo e fácil produção apresentam baixa toxicidade e uma boa eficiência. O princípio básico de funcionamento de uma CSSC (célula solar sensibilizada por corante) é similar ao processo de conversão de energia realizado pelas plantas na fotossíntese, que também envolve a absorção da luz solar por um corante, a clorofila. Além da clorofila, há moléculas fotossensíveis presentes em vários produtos naturais, como a antocianina, taninos entre outros metabólitos. As antocianinas presentes normalmente em produtos naturais de coloração roxa, azul e vermelha, podem ser extraídas em diferentes condições, gerando células com capacidade de conversão energética diferenciada. Na CSSC, as antocianinas atuam como sensibilizador, absorvendo luz e promovendo a fotoexcitação, gerando assim corrente elétrica. Um dos parâmetros mais importantes sobre o potencial do corante é a faixa de absorção no espectro eletromagnético, principalmente na região visível.

Esse trabalho tem como objetivo comparar solventes de diferentes polaridades, para extração de antocianina, sendo eles etanol absoluto, etanol 70% e metanol. As soluções foram produzidas em triplicatas, com 10 gramas de beterraba cada uma, submersas em 70 mL de solução extratora por 24 horas. Avaliou-se a região espectral de absorção de luz dos corantes por técnica de Espectroscopia na Região do UV-VIS e o melhor resultado foi da solução com etanol 70%, seguida do metanol e então do etanol absoluto. Consequentemente, uma célula produzida utilizando a solução com etanol 70% apresentaria maiores valores de eficiência em aproveitamento energético.

Palavras-chave. Energia solar. Beterraba. Antocianina

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE SENSORES PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL E CLIMÁTICO CONTÍNUO PARA APLICAÇÃO NA CADEIA DA BIOMASSA

Rafaela Costa Mirabile[1], Ishmael T. Padilha[2], Murilo Augusto M. Oyafuso[2], Ingrid Lays Garcia da Silva[2] e André Bellin Mariano[3]

[1]*Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba, rafaelamirabile@gmail.com*

[2]*Projeto de Extensão Ciência para Todos, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS), Universidade Federal do Paraná, Francisco H. dos Santos, S/N Centro Politécnico, Curitiba.*

[3]*Professor adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR*

Resumo

Os sistemas de monitoramento climático e ambiental são fundamentais para a produção da biomassa, tanto no campo quanto para a indústria. Atualmente, os altos custos desses equipamentos inviabiliza uma coleta de dados de qualidade e, neste sentido, temos grandes áreas carentes deste tipo de análise. Outra característica consiste na falta de cobertura de sinal digital fazendo com que essas informações coletadas não estejam integradas a plataformas acessíveis. Desta forma, regiões desconectadas deixam de ter disponíveis dados importantes a respeito de microclimas e eventos climáticos emergenciais. Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de sistema de sensores para coleta remota e integrada de dados ambientais e meteorológicos para monitorar as condições de interesse para a cadeia da biomassa. O equipamento denominado Climoscópio, em desenvolvimento na UFPR pela Iniciativa Startup Experience, consiste em um dispositivo IoT (Internet of Things) junto a uma comunicação LoRa, para os locais sem acesso a internet, com foco em monitoramento ambiental. O dispositivo é acoplado a um sistema capaz de compartilhar dados e informações provenientes de diversos pontos. A comunicação entre os dispositivos ocorre em função do uso de sistema de radiofrequência LoRa com alcances de até 15 km em área rural e 5 km em áreas urbanas. O uso de sensores permite a coleta de dados de precipitação, velocidade e direção do vento, temperatura, umidade, umidade do solo pressão atmosférica, monóxido de carbono, ozônio, material particulado e COV's (Compostos Orgânicos Voláteis), a escolha destes sensores deve levar em consideração o custo, disponibilidade e a necessidade de informações que permitem avaliar se as emissões de poluentes atmosféricos estão de acordo com o limite máximo estabelecido pelo SEMA (RESOLUÇÃO Nº 016/ 2014 - SEMA). Além disso, dados a respeito da concentração de monóxido de carbono e particulado são parâmetros de operação de fontes fixas de poluição como: caldeiras e fornos, que utilizam como fonte de energia a combustão de bagaço de cana-de-açúcar ou derivados da madeira. O uso destes sensores também permitem o uso como indicadores de incêndio em áreas rurais. Os dados históricos de material particulado (MP) de determinada região permitem avaliação do impacto sobre a saúde do trabalhador já que o MP está relacionado à movimentação do solo ou efeito

de queimadas. O dispositivo tem a concepção de um design construtivo inspirado em árvores de forma a se adaptar ao ambiente harmonicamente. Onde os sensores de velocidade e direção do vento, temperatura, umidade e pluviosidade se localizarão em cima do dispositivo nos "ramos" enquanto os sensores de gases e MP ficam no "tronco". O equipamento visa ter quatro versões: uma com intuito educativo com menos sensores e maior custo, uma versão simples com menor complexidade de software e consequentemente menor precisão, uma versão Profissional com todos os recursos e uma versão Profissional+ com todos os recursos e uma câmera permitindo fazer a gravação do ambiente onde está localizado o produto podendo efetuar um timelapse. O equipamento visa permitir ao produtor, com baixo custo e alta acessibilidade, aumentar a confiabilidade no uso de informações ambientais e fornecer importantes informações para estudos científicos podendo assim otimizar a produção e aumentar a qualidade de vida dos trabalhadores.

Palavras-chave: monitoramento,sensores, IoT, poluição, meio ambiente.

DIMENSIONAMENTO DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO PARA ALIMENTAR UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ÁREAS SEM ACESSO A REDE ELÉTRICA

Rhuan Carlos Martins Ribeiro[1], Matheus dos Santos Viana[2,2], Joice Machado Martins[3,2], Glauber Tadaiesky Marques[4,2], Otavio Andre Chase[5,2]

[1]*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil, e-mail: rhuanribeiro97@gmail.com*

[2]*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

Resumo

Este trabalho objetivou-se por apresentar o dimensionamento e análise de um sistema fotovoltaico isolado (SFI) dentro da conjuntura do autoconsumo, tendo por finalidade o aproveitamento do recurso solar para abastecer eletricamente um sistema de produção de biodiesel em baixa escala. No dimensionamento foram apresentadas as equações que regem a obtenção dos valores de cada constituinte necessário para o adequado funcionamento desse tipo de sistema. Como forma de validar tal procedimento, foi realizada também uma avaliação do sistema proposto por meio de simulação usando o software PVsyst. Realizou-se também a arquitetura 2D do projeto por meio do software CAD (Computer – Aided Design). Por meio da análise do potencial de geração de energia solar disponível em função das necessidades do sistema pode-se concluir que os resultados obtidos no dimensionamento e simulação foram satisfatórios, mostrando que a solução proposta tem grande potencial de aplicação em áreas sem acesso a rede elétrica. No entanto, ressalta-se que análises como esta são de extrema relevância no que tange ao desenvolvimento tecnológico da produção de energia renovável e da utilização de sistemas operacionais que empregam fontes de aproveitamento de energia solar fotovoltaica.

Palavras-chave. Energia solar fotovoltaica. Sistema fotovoltaico autônomo. Dimensionamento. Simulação. Biodiesel.

Introdução

O Sol encontra-se cerca de $1{,}5 \times 10^8$ km de distância e apresenta um diâmetro de $1{,}39 \times 10^6$ km. Emite uma densidade média de fluxo energético a uma taxa constante sobre a superfície da terra de 1353 W/m², apresentando-se como a fonte permanente de energia mais abundante do planeta. Essa energia, considerada de caráter renovável, é classificada como uma promissora alternativa para solução de problemas pertinentes a moderação do impacto econômico da subida dos preços do petróleo, redução da dependência dos combustíveis fósseis e contenção dos efeitos do aquecimento global (HODGE, 2011; MARTINS, 2019).

Segundo Pinho & Galdino (2014), os sistemas fotovoltaicos são considerados principalmente nas configurações isolada e conectados à rede, os de configuração isolada são assim denominados por não estarem conectados ao sistema interligado nacional – SIN. No entanto,

os dois tipos de conjuntos podem operar combinados a uma ou mais fontes de energia, os chamados sistemas híbridos. Ambos sistemas necessitam de modo geral de uma fonte de armazenamento que é constituída, na maioria das vezes, por bancos de baterias. Isso é feito para dar viabilidade aos equipamentos em períodos onde não há geração fotovoltaica (PINHO e GALDINO, 2014).

A eletrificação abastece a grande parte das atividades produtivas e propicia uma utilidade para aumento da geração de renda em paralelo a melhoria da qualidade de vida. Por consequência, tendo em vista o cenário atual de desenvolvimento tecnológico, é substancial que os países desenvolvam fontes alternativas que permitam um acesso cada vez maior a energia elétrica, sobretudo em regiões rurais (NARULA e BHATTACHARYYA, 2017).

Diante do exposto, este trabalho objetiva-se pelo dimensionamento de um sistema fotovoltaico *off-grid* dentro do contexto de autoconsumo, definido por meio do conceito da quantidade de energia obtida através do sistema fotovoltaico ser totalmente consumida no local, com o intuito de suprir energeticamente um sistema de produção de biodiesel em baixa escala.

Material e Métodos

De acordo com Pinho e Galdino (2014), os conjuntos básicos de um sistema fotovoltaico são: geração, equipamentos para controle e condicionamento de potência e armazenamento de energia, para o caso de sistemas isolados. Com base nisso, a análise de dimensionamento é efetivada partindo de dados meteorológicos bem como da estimativa da demanda de carga do sistema que deve ser abastecida pelo conjunto gerador fotovoltaico. Dessa forma, cada conjunto é dimensionado juntamente com os seus componentes necessários favorecendo uma operação segura dos subsistemas em particular. Sendo assim, foram calculados os parâmetros de consumo médio diário (C_m), potência dos painéis fotovoltaicos (P_{FV}), potência e tamanho do banco de baterias (P_{bat}) e (C_{bat}) e a corrente máxima de entrada do controlador de carga (I_c), utilizando as seguintes Equações, respectivamente:

$$C_m = P_e * N_d = \mathrm{Wh/dia} \quad (1)$$

$$P_{FV} = 1{,}25 * C_m/\mathrm{HSP} = \ \mathrm{W/dia} \quad (2)$$

$$P_{bat} = (C_m * N_{DA})/P_{max} = \ \mathrm{Wh} \quad (3)$$

$$C_{bat} = P_{bat}/V_{bat} = \ \mathrm{Ah} \quad (4)$$

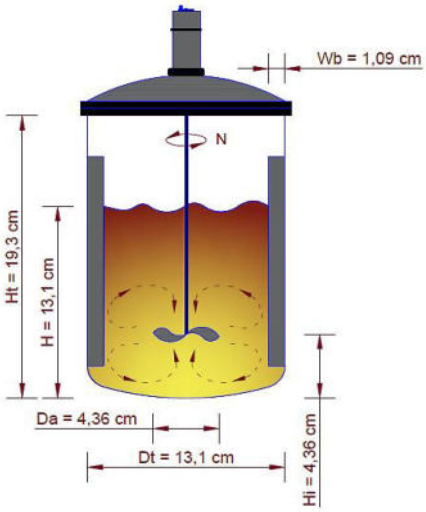
$$I_c = n * I_{PV} * 1{,}25 = \mathrm{A} \quad (5)$$

Sendo C_m o consumo médio diário (Wh/dia); P_e a potência nominal da carga (W); N_d as horas de funcionamento no dia (h/dia); HSP a quantidade de horas de sol pleno no plano do painel fotovoltaico no pior mês de radiação solar; N_{DA} o número de dias de autonomia do sistema alimentado somente pelo banco de baterias; P_{max} a profundidade máxima de descarga da bateria em porcentagem; V_{bat} a voltagem da bateria; n o número de painéis em paralelo e I_{pv} a corrente de curto circuito dos módulos.

Resultados e discussão

Preliminarmente, o dimensionamento se deu por meio da elaboração da arquitetura do tanque de agitação onde, em seu interior, ocorrerá a reação de transesterificação. Tal arquitetura deu-se por meio da utilização do *software* CAD (Computer – Aided Design), definindo-se as especificações geométricas e de capacidade volumétrica, como visto na Figura 1. Dentro das medidas expressas o tanque projetado tem uma capacidade de produzir até 1,7 litros de biodiesel por batelada.

Figura 1. Projeto 2D do tanque de agitação proposto



Fonte: Autor, 2019.

A estimação do recurso solar disponível para o local de instalação foi realizada através da ferramenta SunData v3.0, utilizando as seguintes informações como dados de entrada: i) Local: Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará; ii) Lat. e Long. - 1,501; - 48,449, dados expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Radiação solar diária média mensal da UFRA em kWh/m²dia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez	média
Plano Horizontal	4,44	4,40	4,41	4,55	4,71	4,97	5,08	5,30	5,38	5,25	5,12	4,75	4,86
Ângulo = latitude (1°N)	4,42	4,39	4,41	4,56	4,74	5,01	5,12	5,32	5,39	5,24	5,09	4,72	4,87

A análise da Tabela 1, indicou que o mês com o valor mais baixo de radiação em Belém foi o mês de fevereiro, com erros de medição da ordem de 5%, representando o mês crítico para esse dimensionamento.

A estimação do consumo de energia elétrica foi feita por meio da multiplicação da potência de cada equipamento pelo respectivo tempo de operação do sistema (Equação 1), assume-se também que o sistema será operado em 3 horas por dia, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Componentes e valores de propriedades elétricas do sistema

Componente	Tensão (Vcc)	Potência (W)	Operação (h/dia)	Consumo (Wh/dia)
Motor encoder	6	2	3	6
Controle de velocidade do motor	6 - 24	12	3	36
Resistência elétrica	12 - 24	240	3	720
Total	-	254	-	762

O cálculo de potência dos painéis fotovoltaicos foi baseado no consumo calculado e no método do mês crítico, radiação solar referente ao mês fevereiro, adicionado de um fator de segurança da garantia de autonomia do sistema de 25% (1,25). Com isso, pela Equação (2), tem-se que:

$$P_{FV} = 1,25 * C_m / HSP = 1,25 * (762 \text{ Wh/dia}) / (4,39 \text{ h/dia}) = 217 \text{ W/dia}$$

Os painéis selecionados para esse projeto, modelo ALT50-12P constituídos por células solares policristalinas são especificamente projetados para o uso em aplicações *off-grid* e possuem as seguintes características:

- Corrente de curto circuito (Isc): 3,03 A
- Potência máxima (Pm): 50 Wp
- Voltagem de potência máxima (Vmp): 18,0 V
- Corrente de potência máxima (Imp): 2,78 A

Para obter a estimativa do número de módulos requeridos, divide-se a potência total dos painéis fotovoltaicos (217 Wp) pela potência máxima de cada módulo (50 Wp), tem-se que:

$$\frac{217}{50} = 4,34$$

Os quatro módulos aparelhados em paralelo totalizam uma tensão de 18 V e 11,1 A. Para estimação de quantidade de energia a ser armazenada e o número de baterias que irá compor o banco, considera-se as seguintes informações referentes a baterias de backup do tipo chumbo-ácida UT1270:

- Profundidade de descarga: 40%
- Autonomia total do sistema: 1,5 dias (36 horas)
- Tensão do banco de baterias: 12 V

Logo, através das Equações (3) e (4) pode-se obter os valores de consumo e capacidade do banco de baterias.

$$P_{bat} = (C_m * N_{DA}) / P_{max} = (762*1,5) / 0.4 = 2857,5 \text{ Wh}$$

$$C_{bat} = P_{bat} / V_{bat} = 2857,5 / 12 = 238,12 \text{ Ah}$$

A corrente do controlador deve ser igual ou superior a corrente máxima dos painéis, adicionada por um fator de segurança, em nosso caso, de 25%. Assim, pela Equação (5) tem-se que:

$$I_c = n * I_{PV} * 1,25 = 4 * 3,03 * 1,25 = 15,15 \text{ A}$$

As características do controlador de carga solar série HGX PWM *smart charging* (carregamento inteligente) são apresentadas abaixo:

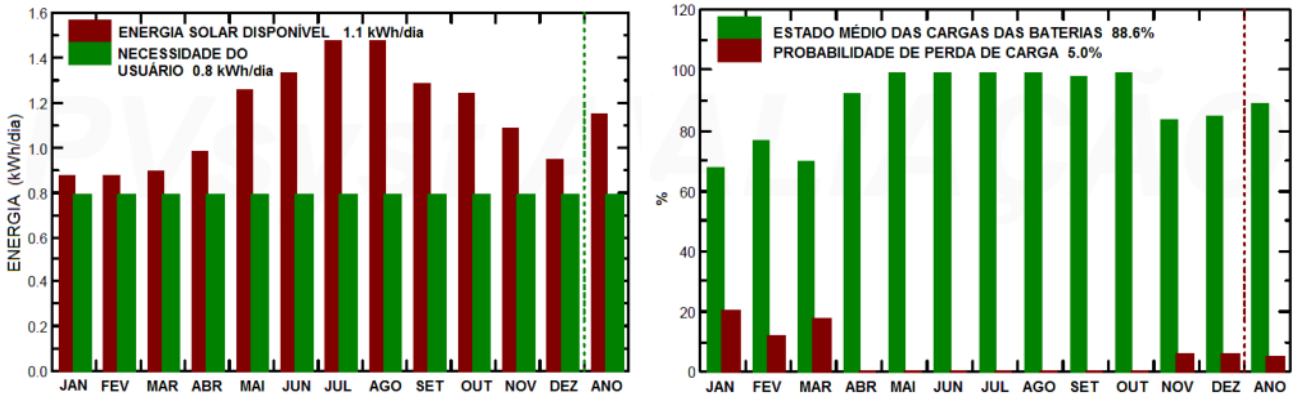
- Corrente de entrada máxima (Imax): 20 A
- Tensão máxima de carregamento (Vsaída): 12 ou 24 V
- Corrente máxima de carregamento (Isaída): 20 A
- Tensão nominal do banco de baterias: 12 V

O recurso energético solar apresenta grande variabilidade e imprevisibilidade, induzindo, conforme no estudo apresentado, à seleção de um sistema *off-grid* apropriado para o caso da necessidade de estocagem da energia. Nesse sentido, optou-se pelo *software* PVsyst para simular e validar o sistema em estudo.

Tal análise se deu conforme os seguintes procedimentos: 1) Informação do local para instalação do SFV; 2) Definição de obstáculos próximos que possam bloquear a irradiação; 3) Por fim determina-se o consumo do sistema de produção de biodiesel (carga), período de consumo (ano, temporada ou meses) e os dias semanais de uso. Feito isso, foram gerados os gráficos (a) e (b) da Figura 2, que mostram o rendimento da energia solar disponível vs necessidades do usuário e o Estado de Carga da bateria vs Probabilidade de Perda de Carga, respectivamente.

Figura 2. Rendimento da energia solar vs necessidade do sistema

(a) (b)



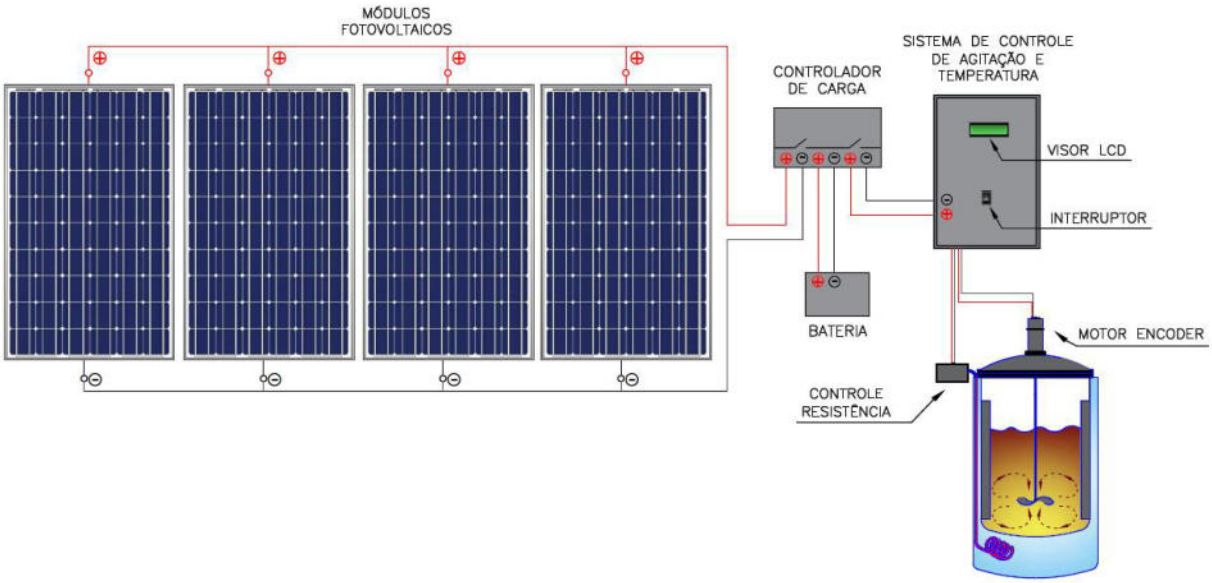
Fonte: Autor, 2019

A Figura 2 (a) confirma que o potencial de geração de energia cobrirá toda a frequência anual do consumo em virtude do correto dimensionamento e funções qualitativas dos equipamentos. Nela pode-se observar que até nos meses de menor insolação para a região (janeiro, fevereiro e março) as taxas de potencial para geração de energia fotovoltaica permaneceram acima dos valores de necessidade do sistema de produção de biodiesel.

Na Figura 2 (b) temos informações sobre a autonomia do sistema de armazenamento. Tal autonomia é definida como o tempo durante o qual a carga pode ser suprida apenas com as baterias, sem quaisquer entradas de energia, começando naturalmente a partir de um estado de bateria considerada totalmente carregada (MARTINS, 2019). O cálculo leva em consideração o limite mínimo de desconexão do estado de carga e a eficiência de energia da bateria, havendo

assim a necessidade de se aplicar uma correção da capacidade, uma vez que tal modo de utilização ocorre geralmente a uma taxa de descarga consideravelmente lenta, cerca de 100 horas. Já em relação a perda de carga, define-se tal parâmetro como a probabilidade em que as necessidades do sistema não possam ser supridas. Como visto na Figura 2, o estado de carga mostrou bom desempenho em relação aos requisitos do sistema, em média 88,6%, sendo o percentual médio da perda de carga 5,0%, indicando baixas chances de perda de autonomia de energia. A Figura 3 apresenta a arquitetura final do projeto idealizada no *software* CAD.

Figura 3. Arquitetura final do projeto



Fonte: Autor, 2019.

Conclusão

A execução do projeto apresentado agrega uma pequena parcela do conhecimento acerca de sistemas fotovoltaicos isolados (*off-grid*). Pode-se concluir que este estudo teve seus objetivos alcançados devido a qualidade do dimensionamento dos equipamentos em função das necessidades do sistema de produção serem supridas e da simulação adequada do seu funcionamento, possibilitando o uso da solução desenvolvida neste trabalho para especificações de sistemas de produção de biodiesel em áreas sem acesso a rede elétrica, em especial na área rural.

Referências

HODGE, B. K. Sistemas e aplicações de energias alternativas. 1ª. ed. Rio de janeiro: LTC, 2011.

MARTINS, J. M. Sistema de monitoramento de dados provenientes da energia fotovoltaica através de uma plataforma IoT de aquisição e controle, Belém: UFRA, 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis), Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

NARULA, S. A.; BHATTACHARYYA, S. Off-grid electricity interventions for cleaner livelihoods: A case study of value chain development in Dhenkanal district of Odisha. Journal of Cleaner Production, v. 142, p. 191-202, janeiro 2017. ISSN 0959-6526.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

EFEITOS DA MISTURA BIOQAV/QAV NO CONTATO COM MATERIAIS METÁLICOS

Vinícius Carminati[1], Eliane Soares da Silva[2], Helton José Alves[3], Cristie Luís Kugelmeier[4], Marcos Roberto Monteiro[5]

Universidade Federal do Paraná[1.2.3], viniciuscarminati@gmail.com
Universidade Federal de São Carlos[4.5]

Resumo: *O bioquerosene é um biocombustível que tem gerado grande interesse socioeconômico ambiental, e atualmente está entre os temas que formam uma ampla e crescente área de estudos em torno das fontes renováveis. Em termos de poluição, a aviação é responsável por aproximadamente 3% das emissões de gases do efeito estufa (porcentagem baixa, mas que se potencializa pela alta altitude) [1]. Portanto, apesar de atualmente ainda possuir um alto custo de produção, torna-se importante conhecer o comportamento do bioquerosene (BQA) quando aplicado em aviação, visando seu efeito oxidativo sobre os materiais metálicos e a diminuição da emissão de gases poluentes na atmosfera. Vale ressaltar que, em 2012 as companhias brasileiras Gol e Azul foram pioneiras na utilização de blendas de BQA e QAV [2]. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é compreender como ocorre a interação do BQA com peças metálicas específicas da aviação, reações de corrosão, perda de massa e composição de cada material. No estudo em questão, realizaram-se testes com quatro metais específicos, sendo eles: Aço Inoxidável (AISM)13 Cr, alumínio aeronáutico e os aços-carbonos SAE 8620 e SAE 1020. Realizaram-se imersões dos metais na mistura de QAV e BQA em frascos Schott de volumes de 250 mL, na temperatura de 50ºC em um período de 60, 90 e 120 dias. Após as imersões calculou-se as perdas de massa, verificou-se o desgaste das superfícies, níveis de oxidação e composição química qualitativa e semiquantitativa. Constatou-se que os corpos de provas apresentaram baixo índice de perda de massa e baixo nível de corrosão, por meio da análise visual e com apoio da análise de UV-VIS, pode-se verificar que as amostras de aço inoxidável (C.P.A.I.), aço-carbono 8620 (C.P.O.V.) e alumínio aeronáutico (C.P.A.A.), imersas em QAV puro pelo período de 120 dias, sofreram mudança de coloração, além da presença de compostos possivelmente vinculados a oxidação dos próprios metais. Neste sentido, conclui-se que a adição de 10 e 20% de BQA na QAV, contribui para reduzir a corrosão dos materiais metálicos ensaiados, minimizando assim a manutenção/substituição de peças metálicas ou equipamentos, e além disso, traz benefícios ambientais uma vez que introduz um combustível renovável na cadeia da QAV.*

Palavras-chaves: *bioquerosene, querosene, metais.*

Estimativa do impacto das mudanças climáticas na produção de mudas de *Eucalyptus* na região do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais

AZEVEDO, M.L.[1], PINTO, T.A.A.[2], SILVA, R.S.[3], RAMOS, R.S.[4], SOARES, J.R.S.[5]

[1]*Departamento de Engenharia Florestal – UFVJM, campus JK Diamantina -MG, e-mail: marialuiza.azevedo@ufvjm.edu.br*

[2] *Departamento de Agronomia – UFVJM, campus JK Diamantina –MG*

[3] *Departamento de Agronomia – UFVJM, campus JK Diamantina -MG*

[4] *Departamento de Entomologia – UFV, Viçosa-MG*

[5] *Departamento de Fitotecnia – UFV, Viçosa-MG*

Resumo

O eucalipto é uma espécie de grande importância por apresentar rápido crescimento e uso múltiplo, com possibilidades de assegurar o suprimento de matéria-prima para as necessidades energéticas, a fabricação de celulose e papel, dentre outras finalidades. As mudanças climáticas observadas no planeta representam uma ameaça para o setor florestal produtivo, uma vez que o desenvolvimento e o crescimento vegetal dependem de fatores bióticos e abióticos que estão sendo diretamente impactados por este mesmo fenômeno climático. O objetivo desse trabalho foi avaliar as mudanças potenciais na adequação climática para a produção de mudas de eucalipto em Minas Gerais, tendo como foco o Vale do Jequitinhonha, baseado no período atual e em previsões futuras para 2100, através do modelo de nicho ecológico CLIMEX. Foram utilizados dados climatológicos fornecidos pelo CLIMOND com resolução espacial em grade de 10'. As distribuições globais para 2100 foram modeladas sob o cenário de emissões A2 usando o Modelo de Circulação Global CSIRO-Mk3.0 (CS). Os ajustes dos parâmetros no CLIMEX foram baseados nas exigências de crescimento de mudas de eucalipto em função de variáveis ambientais no decorrer do processo de produção. Constatou-se uma adequação climática ótima para produção de mudas de eucalipto em todas as áreas de Minas Gerais atualmente, no entanto, para o cenário de 2100 projeta-se uma redução dessas áreas, incluindo o Vale do Jequitinhonha, devido ao aumento do número de dias sem chuva e temperaturas do ar médias mais altas ao longo de todo o ano.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, eucalipto, modelagem ambiental, adequação climática, Vale do Jequitinhonha.

Introdução

O Vale do Jequitinhonha, situado no nordeste do estado de Minas Gerais, encontra em uma área de transição entre a mata atlântica e o cerrado (RIBEIRO et al., 2007). A região do Alto Vale do Jequitinhonha se destaca nacionalmente na atividade de reflorestamento com

eucalipto, tendo sido implantado os primeiros maciços florestais na região a partir da década de 70 (CHAVES; RIBEIRO, 2014).

O eucalipto é uma espécie de grande importância por apresentar rápido crescimento e uso múltiplo, com possibilidades de assegurar o suprimento de matéria-prima para as necessidades energéticas, a fabricação de celulose e papel, a obtenção de produtos serrados e a produção de madeira roliça para os mais diversos fins, entre outros produtos florestais (MEWES, 2011). Esta espécie florestal também possui outros benefícios como a diminuição da pressão sobre florestas nativas, a utilização de terras degradadas pela agropecuária, o sequestro de carbono, a proteção do solo e da água, dentre outros (SNIF, 2016).

Um dos temas de grande interesse na área florestal refere-se à mudança climática e o aquecimento global (STRECK et al., 2010). As mudanças de clima que o planeta vem sofrendo representam uma ameaça para o setor. As teorias demonstram que as atividades humanas, especialmente aquelas associadas às emissões dos gases de efeito estufa (GEE) em quantidades maiores do que a natureza pode assimilar, são consideradas como a principal causa das mudanças no clima.

Sabe-se que o desenvolvimento e o crescimento vegetal são afetados por fatores bióticos e abióticos. Entre os fatores abióticos, a temperatura do ar é o fator que mais influencia o desenvolvimento das plantas (HODGES, 1991). Desta maneira, estudos têm demonstrado que mudanças climáticas influenciarão a produção, o consumo e o comércio de produtos de madeira por meio de efeitos no crescimento das árvores (PEREZ-GARCIA et al., 2002).

Sem as condições favoráveis, os plantios de eucalipto não conseguiriam se desenvolver e atingir a produtividade necessária para abastecer as unidades fabris. Partindo do princípio de que o aquecimento global é inevitável faz-se necessário conhecer os seus principais fatores, monitorar localmente as mudanças e traçar estratégias que garantam a sustentabilidade do negócio florestal (BAESSO; RIBEIRO; SILVA, 2010).

O estudo das mudanças climáticas de forma associada a modelos de simulação de cenários pode ser útil para conhecer os riscos de consequências negativas na produtividade futura de florestas plantadas, podendo-se, assim, mitigar os impactos das mudanças climáticas e analisar estratégias de adaptação (BAESSO; RIBEIRO; SILVA, 2010).

Modelos de simulação de cenários são ferramentas úteis e importantes para a análise de possíveis impactos sobre a adequação climática para a ocorrência de espécies em uma escala local ou global. Além disso, fornecem informações importantes no intuito de melhorar a compreensão de áreas adequadas para a ocorrências de espécies, tais como o eucalipto (JARNEVICH et al., 2015; KRITICOS et al., 2015). Esses modelos são baseados em técnicas que podem ser implementadas em programas disponíveis tais como EcoMod (GUO; LIU, 2010), VisTrails SAHM (MORISETTE et al., 2013), BIOCLIM (BOOTH et al., 2014) e CLIMEX (KRITICOS et al., 2015).

Dentre estes programas, o CLIMEX foi classificado como um dos programas de modelagem inferencial mais confiáveis e abrangentes (KRITICOS et al., 2015). Ele é capaz de combinar modelos inferenciais e dedutivos para descrever as respostas de uma espécie à variabilidade

climática, a fim de projetar a sua distribuição potencial (WEBBER et al., 2011). Além disso, é possível descrever a distribuição espacial potencial futura das espécies por meio de uma combinação do clima de ocorrência da espécie e suas respostas climáticas em função das previsões futuras do clima (WEBBER et al., 2011).

Utilizou-se nesse estudo, o CLIMEX como uma ferramenta para avaliar as mudanças potenciais na adequação climática para a produção de mudas de eucalipto em Minas Gerais com foco no Vale do Jequitinhonha, baseado no período atual e em previsão futura para 2100.

Material e Métodos

CLIMEX

O CLIMEX é utilizado para estimar a distribuição potencial de uma espécie poiquilotérmica, como plantas e artrópodes (KRITICOS et al., 2015). O modelo emprega dados baseados em informações de clima e parâmetros biológicos da espécie em estudo. A CLIMEX assume os índices de crescimento e estresse, que combinadas no modelo matemático estima os locais de adaptação climática através do Índice Ecoclimático (EI). EI é um índice anual geral de adequação climática, que descreve a adequação climática de um local para uma espécie, com escala de 0 a 100. Esses valores foram categorizados em 0, 0-30 e 30-100 representando áreas inadequadas; áreas adequadas e áreas altamente adequadas, respectivamente.

Dados e cenários climatológicos

Utilizaram-se dados climatológicos fornecidos pelo CLIMOND com resolução espacial em grade de 10'. Os dados foram baixados no formato CLIMEX, que contém as temperaturas médias máximas e mínimas mensais, precipitação média mensal e umidade relativa às 9:00 e 15:00 horas entre 1961 e 1990 (KRITICOS et al., 2012). As distribuições globais para 2100 foram modeladas sob o cenário de emissões A2 usando o Modelo de Circulação Global CSIRO-Mk3.0 (CS) do Centro para Pesquisa Climática, Austrália. O cenário A2, utilizado nesse estudo, prevê um aumento de 2,0 a 5,4 °C na temperatura média do planeta para 2100, em relação ao ano 2000. Na construção desse cenário foram levados em consideração as emissões de gases do efeito estufa e suas concentrações atmosféricas, as forçantes radiativas solares e mudanças climáticas resultantes (IPCC, 2007).

Parâmetros usados no CLIMEX

Os ajustes dos parâmetros do CLIMEX foram baseados nas exigências de crescimento de mudas de eucalipto em função de variáveis ambientais no decorrer do processo de produção. Os parâmetros e valores utilizados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores dos parâmetros do CLIMEX utilizados para modelagem de mudas de eucalipto.

Índice	Parâmetros	Valores	Unidade
Temperatura	DV0 = limite inferior da temperatura	5	°C
	DV1 = temperatura ótima inferior	10	°C
	DV2 = temperatura ótima superior	36	°C

	DV3 = limite superior da temperatura	38	°C
Umidade	SM0 =limite inferior da umidade do solo	0.1	[a]
	SM1 = umidade do solo ótima inferior	0.7	[a]
	SM2 = umidade do solo ótima superior	1.5	[a]
	SM3 = limite superior da umidade do solo	2	[a]
Estresse por frio	TTCS = limite inferior de temperatura	5	°C
	THCS = taxa de acumulação de stress de frio	-0.0001	semana^{-1}
Estresse por calor	TTHS = limite superior da temperatura	38	°C
	THHS = taxa de acumulação de stress de calor	0.00001	semana^{-1}
Estresse por seca	SMDS = limite inferior da umidade do solo	0.1	
	HDS = taxa de acumulação de stress de seca	-0.01	semana^{-1}
Estresse por excesso hídrico	SMWS = limite superior de umidade do solo	2	[a]
	HWS = taxa de acumulação de stress por excesso hídrico	0.002	semana^{-1}
Graus-dia	PDD= graus-dia por geração	1065	°C dia

Resultados e discussão

As observações meteorológicas ao longo dos anos permitem caracterizar o clima de uma determinada região. A partir da combinação dos dados de radiação solar, temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento é possível descrever o comportamento médio do clima, ao longo dos meses, dos anos ou de décadas. Os dados climáticos são essenciais para alimentar os modelos de previsão. Esses modelos são a peça chave para o planejamento de ações mais assertivas para a implantação, expansão, reestruturação ou encerramento de um empreendimento agroflorestal.

Este estudo foi baseado em parâmetros climáticos que correspondem à adequação ambiental necessária para a produção de mudas de eucalipto. O modelo gerado se ajustou bem à atual distribuição de eucalipto em Minas Gerais, onde é possível observar áreas altamente favoráveis para a planta e este fato se confirma pela alta produtividade dessa matéria prima de biomassa no Vale do Jequitinhonha. Essa região representa cerca de 274 mil hectares de florestas plantadas com o gênero *Eucalyptus*, se destacando dois municípios com maiores áreas de plantio, Turmalina com 28.352,37 hectares e Itamarandiba com 61.853,25 hectares de eucalipto (BORGES et al., 2016).

Desta maneira, observa-se que a adequação climática baseada no índice eco climático do CLIMEX para a produção de mudas de eucalipto demonstrou 100% de acordo com as distribuições conhecidas (Figura 1 A, B). Essa validação confirma que os ajustes dos valores dos parâmetros apresentam-se adequados.

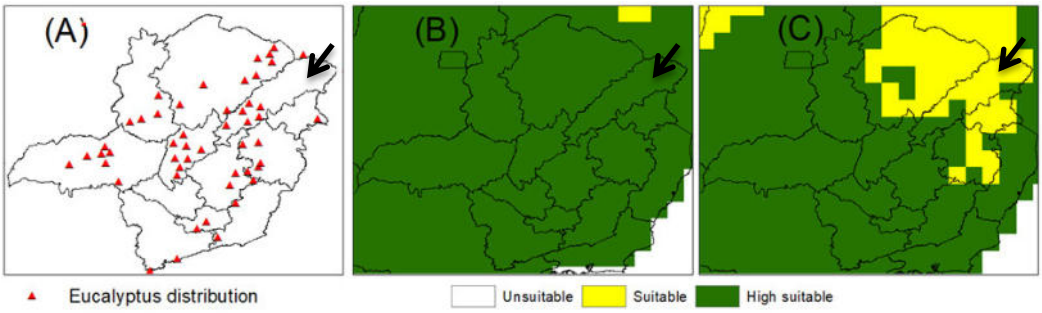
O modelo gerado indica adequação climática ótima para produção de mudas de eucalipto em todas as áreas de Minas Gerais (Figura 1A). No entanto para o cenário de 2100 projeta-se uma redução dessas áreas, principalmente na região do Vale do Jequitinhonha (Figura 1C). De modo prático, o que se observa é o aumento de eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações, secas, vendavais, etc. Na região do Vale do Jequitinhonha, as previsões apontam

para um aumento do número de dias sem chuva e temperaturas do ar médias mais altas ao longo de todo o ano.

Frente às projeções de mudanças climáticas para 2100, as regiões do médio e baixo Jequitinhonha que antes apresentavam altamente adequadas (EI>30), passaram para adequadas (EI <30) (Figura 1 B, C). Consequentemente, poderá haver uma redução do desempenho na produção de mudas de eucalipto.

Modelos para o cenário futuro têm importantes implicações para a produção de biomassa global. Esses modelos poderão ser utilizados para o desenvolvimento de novas tecnologias que poderão mitigar o impacto das mudanças climáticas na área de silvicultura. Investimento, por exemplo, em melhoramento de espécies tolerantes aos estresses causados pelas condições climáticas, tais como a seca, poderão minimizar as quedas de produtividade. Além dos danos causados devido modificações do meio abiótico como alterações na temperatura, salinidade e seca, as mudanças climáticas também poderão influenciar em ataques de insetos-pragas e doenças, uma vez que as plantas estarão em uma condição de estresse tornando-se mais susceptível. Assim este estudo, evidencia que mudanças da adequação climática para a produção e mudas de eucaliptos poderão acontecer no futuro.

Figura 1. (A) Distribuição de *Eucalyptus* no estado de Minas Gerais. (B) adequação climática para mudas de *Eucalyptus* modelada no CLIMEX para o tempo atual e (C) para a previsão de mudanças climáticas previstas pelo modelo CSIRO-Mk 3.0 (CS) no cenário A2 para 2100. As setas indicam a região do Vale do Jequitinhonha.



Fonte: AZEVEDO et al., 2019

Conclusões

Atualmente observa-se uma ótima adequação climática para a produção de mudas de eucalipto em Minas Gerais. Diferentemente das previsões para 2100, onde potenciais impactos negativos na região do Vale do Jequitinhonha são apontadas pelo modelo CLIMEX. Esses resultados, se devem ao aumento do número de dias sem chuva e temperaturas do ar médias mais altas ao longo de todo o ano, consequências das mudanças climáticas na região.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Faculdade de Ciências Agrárias e a Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação da UFVJM pelo apoio logístico para participação no evento.

Referências Bibliográficas

BAESSO, R. C. E; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. (2010). Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região note do Espírito Santo e sul da Bahia. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 2, pp. 335-344.

BOOTH, T. H.; NIX, H. A.; BUSBY, J. R.; HUTCHINSON, M. F. (2014). BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. *Diversity and Distributions.* V. 20, pp. 1-9.

BORGES, I. F.; REIS, A. N.; ALMEIDA, F. C.; SOUZA, N. P.; JUNIOR, F. W. A.; PEREIRA, J.R. (2016). Mapeamento dos plantios de Eucalipto na região do Vale do Jequitinhonha. XI *Congresso de Extensão da UFLA*. Sessão: 3 N°. Apresentação: 032 Identificador: 3376-17-2903.

CHAVES, L. A.; RIBEIRO, L. G.G. (2014). Os atos ilícitos praticados no âmbito do reflorestamento no norte de Minas Gerais e Alto Jequitinhonha: estudo de caso e repercussão penal. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v.11, n.21, pp.317-339.

GUO, Q; LIU, Y. (2010). ModEco: an integrated software package for ecological niche modeling. *Ecography*. v. 33, pp. 637-642.

HODGES, T. F.(1991). Predicting crop phenology. *Boca Raton*: CRC. 233 p.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

JARNEVICH, C. S.; STOHLGREN, T. J.; KUMAR, S.; MORISETTE, J. T.; HOLCOMBE, T. R. (2015). Caveats for correlative species distribution modeling. *Ecological Informatics* v.29, pp. 6-15.

KRITICOS, D. J., WEBBER, B. L., LERICHE, A., OTA, N., MACADAM, I. BATHOLS, J. & SCOTT, J. K. (2012). CliMond: global high‐resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution*. V. 3, pp. 53-64.

KRITICOS, D. J; MAYWALD, G. F.; YONOW, T.; ZURCHER, E. J.; HERRMANN, N. I.; SUTHERST, R. W. (2015). CLIMEX *Version 4: exploring the effects of climate on plants, animals and diseases*. CSIRO, Canberra.

MEWES, W. L. C.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; CECON, P.R.; ALVARENGA, C. B. (2011) Deposição de calda em eucalipto, utilizando pulverização pneumática. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 27, n. 2, pp. 283-288.

MORISETTE, J. T. et al. (2013). VisTrails SAHM: visualization and workflow management for species habitat modeling. *Ecography.* v. 36, pp. 129-135.

PEREZ-GARCIA, J. et al. (2002). Impacts of Climate Chance on the Global Forest Sector. *Climatic Change, New York*, v. 54, n. 4, pp. 439-461.

RIBEIRO, A. E. M. et al. (2007). Agricultura familiar e programas de desenvolvimento rural no Alto Jequitinhonha. In: *Revista de Economia e Sociologia Rural*, vol. 45, n° 4, Brasília.

SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. (2016). Recursos Florestais. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>. Acesso: 13 mar. 2016.

STRECK, N. A. et al. (2010). Mudança climática, aquecimento global e agricultura. *Santa Maria*: CCR; UFSM,. 4 p. (Informe Técnico, 24).

WEBBER. B, L. et al. (2011). Modelling horses for novel climate courses: insights from projecting potential distributions of native and alien Australian acacias with correlative and mechanistic models. *Diversity and Distributions.* V. 17, pp. 978-1000.

IV CIBIO – dias 25, 26 e 27 de junho de 2019 – Curitiba, PR – Expotrade Convention Center

Nanopartículas de lignina para controle de processos oxidativos

Mailson Matos[1], Tainise Lourençon[2], Patrícia Zanoni[3], Carlos Yamamoto[4], Washington Magalhães[3]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, mailsondematos@ufpr.br*

[2]*Department of Bioproducts and Biosystems, Aalto University*

[3]*Laboratório de Tecnologia da Madeira, Embrapa Florestas*

[4]*Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos (LACAUT), Universidade Federal do Paraná*

Resumo

A crescente preocupação com a proteção ambiental e a redução do consumo de combustíveis fósseis levou à busca por combustíveis mais sustentáveis e menos poluentes. Neste cenário, o biodiesel surge como potencial substituto para o diesel de petróleo. Contudo, o biodiesel é susceptível à oxidação, pois apresenta variação na quantidade de insaturações nas cadeias de ácido graxo. Para evitar a oxidação se faz necessário o uso de antioxidantes. Substâncias essas que, adicionadas em pequenas quantidades ao biodiesel, retardam ou previnem os processos oxidativos. Neste contexto, avaliou-se o desempenho da lignina Kraft de eucalipto, obtida por precipitação ácida, como agente antioxidante para o biodiesel. Inicialmente uma solução de lignina em acetona foi produzida por extração sólido-líquido em três efeitos. Em seguida, a solução de lignina em acetona foi adicionada ao biodiesel metílico de soja, formando uma mistura homogênea, de modo a se obter concentrações de 500, 2000 e 5000 ppm de lignina no biodiesel. Após a homogeneização, a acetona foi removida por evaporação em rotaevaporador. A mistura foi filtrada em filtro com abertura de 0,22 µm. A quantidade de lignina efetivamente incorporada no biodiesel ao final do processo foi determinada por métodos gravimétricos. A estabilidade à oxidação do biodiesel com lignina foi avaliada pelo Método RANCIMAT (EN14112-16). Em caráter comparativo, avaliou-se a estabilidade à oxidação do biodiesel com a adição do antioxidante comercial hidroxitolueno butilado (BHT). Durante o processo de incorporação da lignina ao biocombustível, ocorreu a formação de partículas de lignina, sendo que as maiores que 220 nm foram retidas no filtro. Assim, as concentrações reais obtidas foram de 200, 400 e 920 ppm de lignina no biodiesel. Por meio de microscopia eletrônica de transmissão observou-se a presença de nanopartículas de lignina na ordem de 20 nm, as quais ficaram em suspensão no biodiesel. As análises de estabilidade à oxidação mostraram que a adição de 500 ppm de hidroxitolueno butilado foi suficiente para atender ao tempo mínimo de oito horas de estabilidade à oxidação do biodiesel de soja avaliado (8,2 h). Dentre as concentrações testadas de lignina, a adição de 400 ppm ao biodiesel (8,1 h) garantiu o atendimento à especificação. Portanto, a lignina apresentou grande potencial para a utilização como agente antioxidante para biocombustíveis sujeitos à oxidação.

Palavras-chave. Biocombustíveis. Nanotecnologia. Antioxidantes.

Introdução

A lignina é a substância natural aromática mais abundante na natureza, sendo obtida a partir de fontes vegetais, tais como biomassas florestais. Após isolamento e purificação, recebe o nome de lignina técnica. São vários os processos conhecidos para a obtenção de lignina, sendo que apenas as ligninas oriundas dos processos sulfito-ácido e Kraft têm sucesso comercial. Tradicionalmente, a separação de componentes da madeira é associada com a fabricação de papel, através da deslignificação da biomassa. Durante este processo, são gerados subprodutos, como a lignina. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de celulose, sendo que 95 % da lignina vem do processo Kraft, e não existem empresas usando o sistema sulfito-ácido. A lignina do licor negro é utilizada atualmente para gerar energia e suprir aproximadamente 60% da demanda energética de uma típica indústria de celulose. Todavia, existe sobra desta lignina que é usada para gerar energia elétrica disponibilizada no grid nacional, principalmente devido ao aumento de escala das indústrias nacionais de papel e celulose. Isto suscita uma demanda pelo desenvolvimento de novas tecnologias para recuperação e valorização deste material, convertendo-o, pelo menos em parte, em produtos químicos de maior valor agregado (ZAKZESKI et al., 2010).

Na planta, a lignina protege contra o estresse bioquímico e confere rigidez e resistência, evitando o colapso dos elementos da célula de água (GRABBER, 2005). É um polímero fenólico renovável constituído por estruturas de metoxi-fenilpropano que, dependendo do grau de metoxilação, é chamado de p-hidroxibenzila, guaiacil ou syringil (CHAKAR; RAGAUSKAS, 2004). A estrutura da lignina também contém diferentes grupos funcionais (carboxilas, carbonilas, hidroxilas fenólicas e alifáticas) que são de grande interesse como polifenóis naturais e têm sido bastante explorados quanto à sua atividade antioxidante. Os compostos fenólicos apresentam propriedades redox que lhes permitem inibir processos de oxidação (GARCÍA et al., 2017).

Considerando que a maior parte dos antioxidantes comerciais utilizados atualmente é proveniente de recursos fósseis, além de ser importada, há grande pressão para desenvolvimento e uso de antioxidantes naturais (KIRSCHWENG et al., 2017).

Nesta pesquisa pretendia-se ampliar o conhecimento acerca da atividade antioxidante da lignina de eucalipto proveniente do processo Kraft. Como estudo de caso foi avaliada sua utilização para retardar processos oxidativos em biodiesel, em substituição aos antioxidantes sintéticos comerciais (TBHQ, BHT e BHA).

Material e Métodos

A lignina utilizada no estudo era proveniente de polpação Kraft de madeira de eucalipto, obtida por processo de precipitação ácida.

O biodiesel foi produzido a partir de reação de transesterificação de óleo de soja degomado e álcool metílico (razão molar de 1:6), catalisada por hidróxido de potássio (1 % m/m em relação ao óleo). O processo envolveu reação em duas etapas, sendo adição de 70 % do catalisador e do metanol na primeira etapa. A reação ocorreu a 60 °C durante 1 h e a mistura foi transferida para funil de decantação para separação de fases. Após separação da fase rica em glicerina, a fase éster foi submetida à segunda etapa de reação, em condições idênticas à primeira. Novamente foi feita a separação da fase glicerina e a fase éster foi purificada por meio de lavagem tripla com água (10% em relação ao volume do éster) a 50 °C durante 5 min. Após cada estágio de lavagem, a fase aquosa era descartada e a fase mais leve era submetida a novo ciclo de lavagem. Por fim, a desumidificação da fase éster foi realizada em a 70-80 °C durante 1 h, sob vácuo moderado. Posteriormente caracterizou-se o biocombustível produzido quanto aos principais parâmetros de qualidade definidos na Resolução n°45/2014 da ANP, para garantir atendimento aos limites estabelecidos. Os ensaios incluíram: teor de água, teor de éster, sódio + potássio, fósforo, índice de acidez, glicerol livre e total, mono, di e triacilglicerol, metanol, estabilidade à oxidação a 110 °C.

Para incorporação da lignina no biodiesel, o método testado foi via extração prévia com solvente, sendo a acetona selecionada a partir de testes preliminares de solubilização. A fração solúvel de lignina no solvente acetona foi obtida após processo de três estágios de extração compreendendo: (1) adição de lignina ao solvente na proporção de 1:100 (m/v); (2) homogeneização em ultrassom por 20 min; (3) centrifugação a 2500 rpm por 10 min; (4) separação do sobrenadante para ser submetido à próxima etapa de extração. Os extratos contendo as frações de lignina foram adicionados ao biodiesel na proporção de 1:1 (m/v), homogeneizados com auxílio de ultrassom por 20 min e posteriormente levados a rotoevaporador para recuperação do solvente. Após ocorreu a filtração das amostras em filtro PTFE 0,22 µm e posterior quantificação do material efetivamente incorporado ao biodiesel. As concentrações de extrato usadas no teste foram ajustadas para que se obtivessem dosagens variadas de lignina adicionadas ao biodiesel (500, 2000 e 5000 ppm). Para efeito de comparação, foram preparadas amostras sem adição de antioxidante (branco) e com antioxidante comercial (BHT) em dosagens similares às concentrações testadas de lignina. Para avaliação do efeito dos aditivos (tanto da lignina quanto do BHT), foi utilizado o método de avaliação da estabilidade à oxidação pelo Rancimat (recomendado pela RANP n° 45/2014).

Resultados e discussão

O biodiesel obtido a partir do processo de transesterificação metílica de óleo de soja apresentou as características físico-químicas apresentadas na Tabela 1. Comparando com os requisitos de qualidade estabelecidos na Resolução n° 45/2014, pode-se verificar que todos os parâmetros estão adequados, exceto o teor de água. Como não se trata de uma discrepância tão elevada e pelo fato de a análise ser comparativa, considerou-se que a amostra produzida estava adequada para os testes propostos neste trabalho.

Tabela 1. Caracterização físico-química do biodiesel metílico de soja.

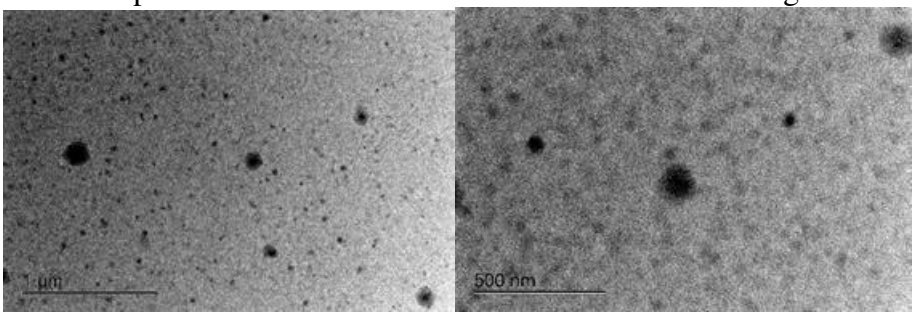
Parâmetro (unidade)	Resultado	Limite	Método
Glicerol Livre (% massa)	0,003	0,02 máx.	NBR 15908-15
Glicerol Total (% massa)	0,11	0,25 máx.	NBR 15908-15
Monoacilglicerol (% massa)	0,32	0,7 máx.	NBR 15908-15
Diacilglicerol (% massa)	0,10	0,20 máx.	NBR 15908-15
Triacilglicerol (% massa)	0,06	0,20 máx.	NBR 15908-15
Teor de éster (% massa)	98,4	96,5 máx.	EN 14103-11
Metanol (% massa)	0,001	0,20 máx.	EN 14110-03
Estabilidade à oxidação (h)	6,03	8 mín.	EN 14112-16
Fósforo (mg/kg)	< 0,1	10 máx.	NBR 15553-15
Índice de Acidez (mg KOH/g)	< 0,05	0,50 máx.	ASTM D664-11a
Potássio (mg/kg)	< 0,5	5 máx.(*)	NBR 15556-08
Teor de Água (mg/kg)	387	200,0 máx.	ASTM D6304-16

(*) Limite referente a sódio + potássio. O limite citado para o parâmetro de análise refere-se à Resolução n° 45/2014 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Quanto ao processo de extração tripla da lignina com acetona, obteve-se um rendimento mássico de cerca de 87 %, que corresponde à fração de lignina Kraft que foi solubilizada na acetona após o processo.

Posteriormente a lignina foi adicionada ao biodiesel a partir de soluções em acetona de forma a obter amostras com concentrações finais variadas. No momento da filtração, houve retenção significativa de partículas de lignina maiores que 220 nm. Assim, as concentrações efetivamente incorporadas foram de 200, 400 e 920 ppm de lignina no biodiesel. Por meio de microscopia eletrônica de transmissão (Figura 1) observou-se a presença de nanopartículas de lignina na ordem de 20 nm, as quais ficaram em suspensão no biodiesel.

Figura 1. Microscopia eletrônica de transmissão da nanoemulsão de lignina em biodiesel



Os resultados de estabilidade à oxidação para as amostras de biodiesel aditivadas com doses variadas de lignina estão compilados na Tabela 2. Para facilitar o entendimento, estão mostradas tanto as concentrações que foram inicialmente adicionadas quanto as que ficaram efetivamente incorporadas no biodiesel.

Tabela 2. Estabilidade à oxidação de amostras de biodiesel aditivadas com lignina (após extração com acetona, adição e rotoevaporação)

Concentração lignina adicionada (ppm)	Concentração lignina real (ppm)	Estabilidade à oxidação (h)
0	0	5,7
500	200	6,9
2000	400	8,1
5000	920	9,5

Comparativamente podem ser observados na Tabela 3 os valores registrados para o biodiesel quando aditivado com o aditivo comercial BHT. No caso do antioxidante comercial, a adição foi feita de forma direta, já que há solubilização total na mistura de ésteres. Entretanto, para uma das concentrações (2000 ppm), realizou-se o mesmo procedimento adotado para o caso da lignina: solubilização em acetona, adição ao biodiesel (na mesma proporção usada para a lignina), rotoevaporação e filtração. Em relação aos brancos, na Tabela 3 o valor correspondente a 0 ppm condiz com o do biodiesel original produzido. Já na Tabela 2, foi analisada uma nova amostra de branco (biodiesel não aditivado), mas que passou pelo processo de mistura com a mesma quantidade de acetona (sem lignina) e posteriormente pela rotoevaporação e filtração. Como esperado, há uma leve queda na estabilidade à oxidação para a amostra que passou pelo processo térmico adicional.

Tabela 3. Estabilidade à oxidação de amostras de biodiesel aditivadas com BHT

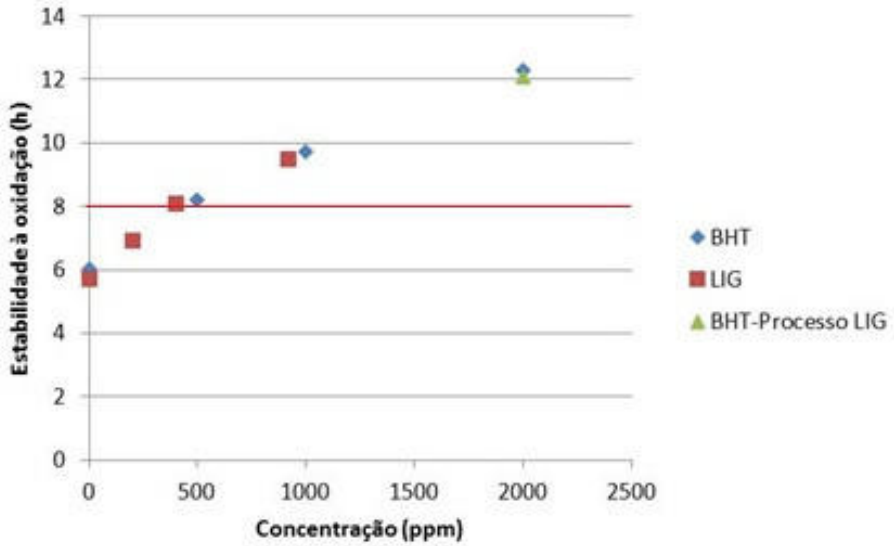
Concentração BHT (ppm)	Estabilidade à oxidação (h)
0	6,0
500	8,2
1000	9,7
2000 (adição direta)	12,3
2000 (adição conforme método lignina)	12,1

A influência das concentrações adicionadas de lignina e de BHT no comportamento da estabilidade à oxidação do biodiesel pode ser visualizada de forma mais clara na Figura 2. Considerou-se para a comparação os teores reais de lignina em biodiesel.

Conclusões

As análises de estabilidade à oxidação mostraram que a adição de 500 ppm de hidroxitolueno butilado (BHT) foi suficiente para atender ao tempo mínimo requerido pela legislação, de oito horas de estabilidade à oxidação do biodiesel metílico de soja (8,2 h). Dentre as dosagens testadas de lignina, a adição de 400 ppm ao biodiesel (8,1 h) garantiu o atendimento à especificação. Portanto, infere-se que a lignina Kraft de eucalipto apresenta comportamento similar a um dos antioxidantes comerciais mais utilizados (BHT) e, portanto, grande potencial para a utilização em biocombustíveis sujeitos à oxidação.

Figura 2. Influência da adição de concentrações variadas de lignina e de BHT na estabilidade à oxidação de biodiesel metílico de soja



Agradecimentos

Os autores agradecem à COAMO Agroindustrial Cooperativa (unidade Campo Mourão/PR) e à SEAB (unidades Campo Mourão e Curitiba), pelo fornecimento e transporte de amostra de óleo de soja degomado; à assistente Tielidy de Lima (Embrapa Florestas) e aos técnicos André Lopes, Luara de Oliveira, Leandro Coriolano e Pammela Scheno (LACAUT), pela valiosa ajuda na condução dos procedimentos e análises laboratoriais. Ao Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pelas análises de Microscopia Eletrônica de Transmissão.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP N° 45, de 25.8.2014 - DOU 26.8.2014. Disponível em: http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014. Acesso em: 27 mai. 2019.

CHAKAR, F. S.; RAGAUSKAS, A. J. (2004) Review of current and future softwood kraft lignin process chemistry. *Industrial Crops and Products.* V. 20, pp. 131–141.

GARCÍA, A.; SPIGNO, G.; LABIDI, J. (2017) Antioxidant and biocide behaviour of lignin fractions from apple tree pruning residues. *Industrial Crops and Products.* V. 104, pp. 242–252.

GRABBER, J. H. (2005) How Do Lignin Composition, Structure, and Cross-Linking Affect Degradability? A Review of Cell Wall Model Studies. *Crop Science Society of America.* V. 45, pp. 820–831.

KIRSCHWENG, B.; TÁTRAALJAI, D.; FÖLDES, E.; PUKÁNSZKY, B. (2017) Natural antioxidants as stabilizers for polymers. *Polymer Degradation and Stability.* V. 145, pp. 25-40.

ZAKZESKI, J.; BRUIJNINCX, P. C. A.; JONGERIUS, A. L.; WECKHUYSEN, B. M. (2010) The Catalytic Valorization of Lignin for the Production of Renewable Chemicals. *Chem. Rev.* V. 110, pp. 3552–3599.

Oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo atendendo demandas do RenovaBio

Ícaro da Silva Misquita[1], Alessandra Camelo[2], Patricia Helena Lara dos Santos Matai[3]

[1,2,3] Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente – PPGE/IEE, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil. icaromisquita@gmail.com

Resumo

A cana-de-açúcar é uma importante gramínea cultivada no Brasil e desempenha um papel secular como a matéria prima principal do setor sucroalcooleiro. Em um cenário mais atual, demandas presentes e futuras de biocombustíveis vêm sendo impulsionadas por compromissos internacionalmente firmados pelo Brasil em matéria de ação climática, resultando em políticas públicas internas como o RenovaBio. Neste contexto, entende-se que para atender as demandas de etanol intensificadas pelo RenovaBio serão necessárias mais do que novas variedades e soluções biotecnológicas: a área plantada com a cultura sucroenergética precisa ser expandida. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi o de identificar áreas marginais ainda disponíveis no Estado de São Paulo para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para fins de biocombustíveis. Para tal, imagens de sensoriamento remoto foram obtidas e analisadas utilizando ferramenta de geoprocessamento de modo a determinar a existência de tais áreas em hectares (ha). O software utilizado para análises de geoprocessamento foi o QGis versão 3.4.7 Madeira, além de *shapefiles* e *rasters* relacionados. Inicialmente, o Mapa de Altitude foi elaborado. Em seguida, foi então elaborado o mapa sobreposto da Altitude, Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE) e Unidades de Conservação Estaduais e Federais atualmente existentes no Estado. Com isso, foi possível elaborar o Mapa de Áreas Marginais e determinar o total de hectares existentes. Por fim, identificou-se que no Estado de São Paulo existem cerca de 42.150,18 ha de áreas marginais que, se cultivados com cana-de-açúcar, produziriam a quantidade considerável de até 3,2 milhões de toneladas de biomassa anualmente. Além disso, as áreas marginais identificadas neste estudo representam não só uma oportunidade de incremento na produção de biomassa, mas também responsável do ponto de vista sócio-ambiental para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para fins bioenergéticos.

Palavras-chave. Sistema de Informações Geográficas. Geoprocessamento. Área marginal. Marginal land. Bioenergia.

Introdução

A cana-de-açúcar é uma importante *commodity* do agronegócio brasileiro ainda não superada enquanto carro chefe do setor sucroalcooleiro (SCHEITERLE et al., 2018). A gramínea *Saccharum officinarum* é reconhecidamente uma matéria prima versátil empregada na obtenção de diversos produtos, incluindo açúcar, bioetanol de primeira e segunda gerações, além de iguarias nacionais como o aguardente, melado e rapadura (IBGE, 2017). Entretanto, nas últimas décadas a produção de cana-de-açúcar mais do que dobrou visando atender as demandas de bioenergia para redução da dependência de derivados de petróleo e mitigação da

emissão de gases envolvidos no aquecimento global e mudanças climáticas (BORDONAL et al., 2018).

O País vem realizando diversos esforços para cumprir acordos internacionalmente firmados para combate ao aquecimento global via mitigação da emissão dos gases de efeito estufa (GEEs), incluindo o recém lançado Programa RenovaBio. O RenovaBio caracteriza-se como uma iniciativa que estimula todo o setor sucroalcooleiro e mitigação de GEEs, aplicando a Renovacalc para determinação da intensidade de carbono dos biocombustíveis com base na Avaliação do Ciclo de Vida (SCACHETTI et al., 2018)

Dentro do território Nacional, o Estado de São Paulo destaca-se desde os tempos do Brasil colônia, onde já era vanguarda na produção de cana-de-açúcar. Com o passar do tempo, o Estado passou a ser líder nacional na produção absoluta da cultura, atingindo 37.865,9 mil toneladas na última safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Em 2017 a cana foi responsável por 28,4% na Oferta Interna de Energia (OIE-SP), o maior índice entre as fontes renováveis que somadas totalizaram 43,4% (SEM, 2018). Considerando o cenário atual e demandas futuras, mesmo com novas variedades no mercado, além de soluções biotecnológicas que garantem alta produtividade, faz-se necessária a expansão das *plantations* desta cultura energética.

Atualmente, o Estado São Paulo preserva cerca de 27,82% e de acordo com o zoneamento agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar 64,87% da área total do estado de São Paulo é ocupada por esta *commodity* (EMBRAPA SOLOS, 2009). Com isso, é importante conhecer as oportunidades de expansão das lavouras de cana em áreas marginais em regiões produtoras como o Estado de São Paulo. Segundo Gelfand et al. (2013), as áreas consideradas marginais (do Inglês, *marginal lands*) podem ser definidas como de baixa produtividade devido a pobreza de nutrientes, limitações edafoclimáticas inerentes do local, além da localização em áreas vulneráveis à erosão e outros riscos ambientais diversos quando cultivadas. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi apontar áreas com potencial para expansão do cultivo de cana respeitando Unidades de Conservação federais e estaduais e excluindo terras com aptidão para produção dedicada de alimentos, buscando evitar a clássica máxima de "biocombustíveis x alimento".

Material e Métodos

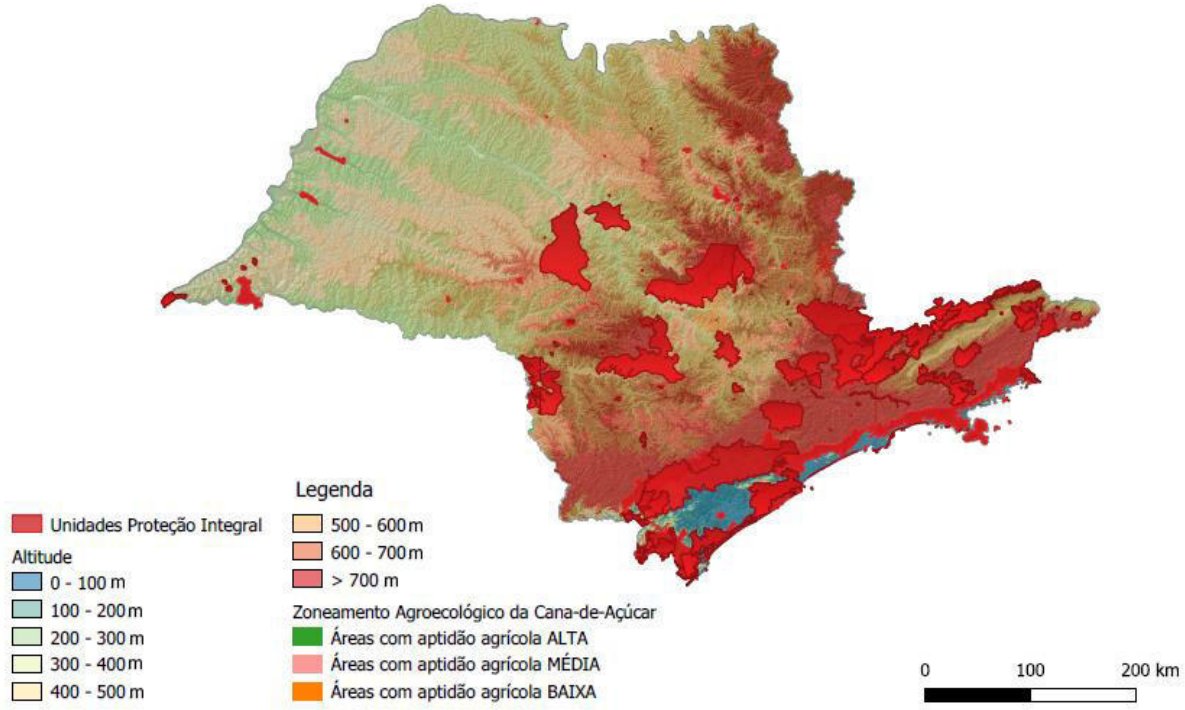
Localizada na Região Sudeste entre as longitudes 49º O e 22º S está a área total de 248.222,362 km² referente ao Estado de São Paulo. Para inferir sobre áreas para cultivo de cana-de-açúcar no Estado tema deste estudo, foi utilizado o software livre QGis versão 3.4.7 Madeira (QGIS, 2019) e *shapefiles* relacionados. Os *shapefiles* utilizados foram unidades de conservação federais (ICMBio, 2019) e unidades de conservação estaduais catalogadas no Ministério do Meio Ambiente (MMA) baixadas utilizando o software online do I3GEO (2015). Inicialmente, os *shapefiles* foram recortados para a área de interesse compreendendo integralmente o Estado de São Paulo. Para tal foi utilizado o comando *clip*, localizado no menu *Vector Geoprocessing Tools*. Em seguida, ambos os *layers* de unidades de conservação federal e estaduais foram unidos utilizando o comando *Data Managment Tools Merge Vector Layers* localizados no menu *Vector*.
O Modelo digital de elevação (MDE) foi obtido através do site da Embrapa (MIRANDA, 2005), mosaicados em formato *raster* e contendo as cotas de altitude, sendo estas obtidas pelo satélite SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os mosaicos de relevo que englobam a

área de estudo foram obtidos e unidos utilizando o comando *merge* localizado no menu *Raster Miscellaneous*, recortadas no formato que compreende integralmente o Estado São Paulo utilizando o comando *Extraction Clip Raster by Mask Layer*, no menu *Raster* no QGis. Além disso, os limites de unidades federais de conservação foram obtidos do site do ICMBio (2019). O mapa vetorial de zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar do estado de São Paulo foi obtido através do site GeoInfo da Embrapa (EMBRAPA SOLOS, 2009), e forneceu as áreas de São Paulo em aptidão agrícola baixa, média e alta para o cultivo de cana-de-açúcar. Os mapas de Altitude, Zoneamento Agroecológico de Cana-de-Açúcar e unidades de proteção foram elaborados e, a partir de sua sobreposição, as áreas de baixa aptidão agrícola onde a altitude supera 500 metros foram determinadas caracterizando área marginal com oportunidade para expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Resultados e Discussão

O Mapa elaborado para Altitude (Figura A) e obtido para Zoneamento Agroecológico de Cana-de-Açúcar – ZAE (Figura B) estão dispostos no Anexo I deste trabalho. Ambos os mapas subsidiaram a elaboração do Mapa Composto da Altitude, ZAE e Unidades de Conservação Estaduais e Federais atualmente existentes no Estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 1. Mapa Composto da Altitude, ZAE e Unidades de Conservação

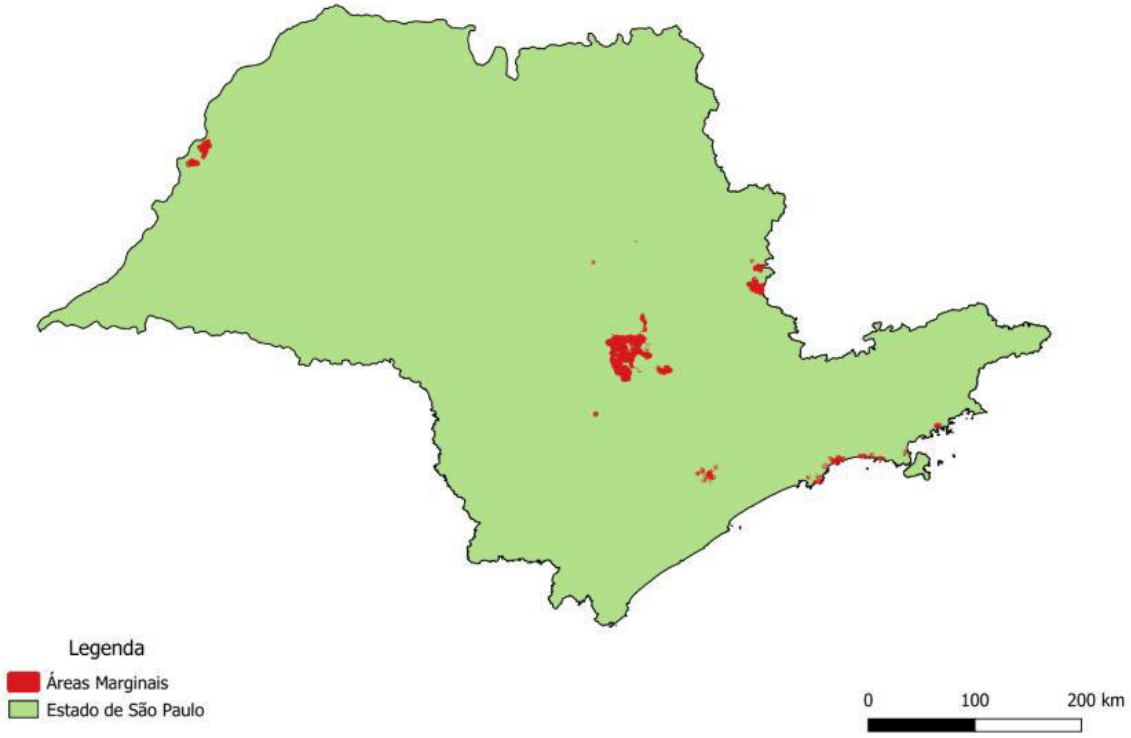


Fonte: Elaboração própria

O Mapa apresentado na Figura 1 subsidiou a identificação de áreas marginais características segundo Gefland et al. (2013), que atualmente correspondem a cerca de 42.150,18 ha representados pelas áreas demarcadas em vermelho na Figura 2. Apesar de parecer desprezível se comparada a área empregada para cultivo de cana no Estado, ressalta-se que para a análise de georreferenciamento foram excluídas áreas referentes às Unidades de Conservação Federais e Estaduais, bem como terras férteis destinadas a produção de

alimentos. Entende-se que a ocupação das áreas marginais identificadas requer eventual superação de barreiras legais, como por exemplo as relacionadas ao arrendamento de terras e outras como interesse do agricultor, que embora sejam importantes, necessitam de análise detalhada caso a caso e vai muito além da proposta do presente trabalho. Ainda, considerando a produtividade média de cerca de 77 ton ha^{-1} no Estado de São Paulo (CONAB, 2018), estima-se que nas áreas marginais identificadas poderiam ser geradas até 3,2 milhões de toneladas de biomassa por ano.

Figura 2. Mapa de Áreas Marginais do Estado de São Paulo



Fonte: Elaboração própria

Conclusão

Apesar de ser o maior produtor de cana-de-açúcar no Brasil, o Estado de São Paulo ainda apresenta oportunidade real de expansão em áreas marginais visando atender demanda crescente de produção de biocombustível incentivadas pelo RenovaBio. Não obstante, a devida demarcação das Unidades de Conservação Estaduais e Federais existentes, áreas com baixa aptidão agrícola atualmente ocupadas com pastagens segundo o ZAE, além da não interferência em terras férteis dedicadas para produção de alimentos, foram consideradas na metodologia adotada. A partir das análises de geoprocessamento, identificou-se que no Estado de São Paulo existem cerca de 42.150,18 ha de áreas marginais que, se cultivados com cana-de-açúcar, produziriam a quantidade considerável de até 3,2 milhões de toneladas de biomassa em base anual. Além de São Paulo, outros Estados podem ser objeto de estudo com o mesmo objetivo, visando inferir na oportunidade em escala nacional e sócio-ambientalmente responsável para expansão dos canaviais atendendo demandas do RenovaBio.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) que através do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) e Bolsas de Demanda Social patrocinou as atividades de Mestrado de Alessandra Camelo e Ícaro da Silva Misquita no Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

Referências Bibliográficas

BORDONAL, R. de O. CARVALHO, J. L. N. LAL, R. FIGUEIREDO, E. B. de OLIVEIRA, B. G. de SCALA, N. L. (2018) Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agronomy for Sustainable Development* V. 38, 13 p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2018) *Observatório Agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar*, V. 4, 73 p. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17026_e0504d08aca77ee13e86c2e7e7f43424

GELFAND, I. SAHAJPAL, R. ZHANG, X. IZAURRALDE, R. C. GROSS, K. L. ROBERTSON, G. P. (2013) Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest. *Nature*, V. 493, I. 7433, pp. 514–517

EMBRAPA SOLOS – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA UNIDADE SOLOS (2009) Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcaro do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Azoncanasp_lat_long_wgs84>. Acesso: 15/05/2019

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017) Processamento Industrial de Cana-de-açúcar. *Dinâmica Territorial de Produção Agropecuária: A Geografia da Cana-de-açúcar*. Editora IBGE, pp. 56–77

ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Limites das Unidades de Conservação Federais (atualizado em janeiro de 2019). Disponível em: < www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/geoprocessamento/DCOL/dados_vetoriais/uc_fed_janeiro_2019_site.zip>. Acesso em: 17/05/2019

I3GEO. Download de dados geográficos. Disponível em: < http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 17/05/2019

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 16/05/2019

QGIS. Download QGIS for your platform. Disponível em: < https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>. Acesso em: 10/05/2019

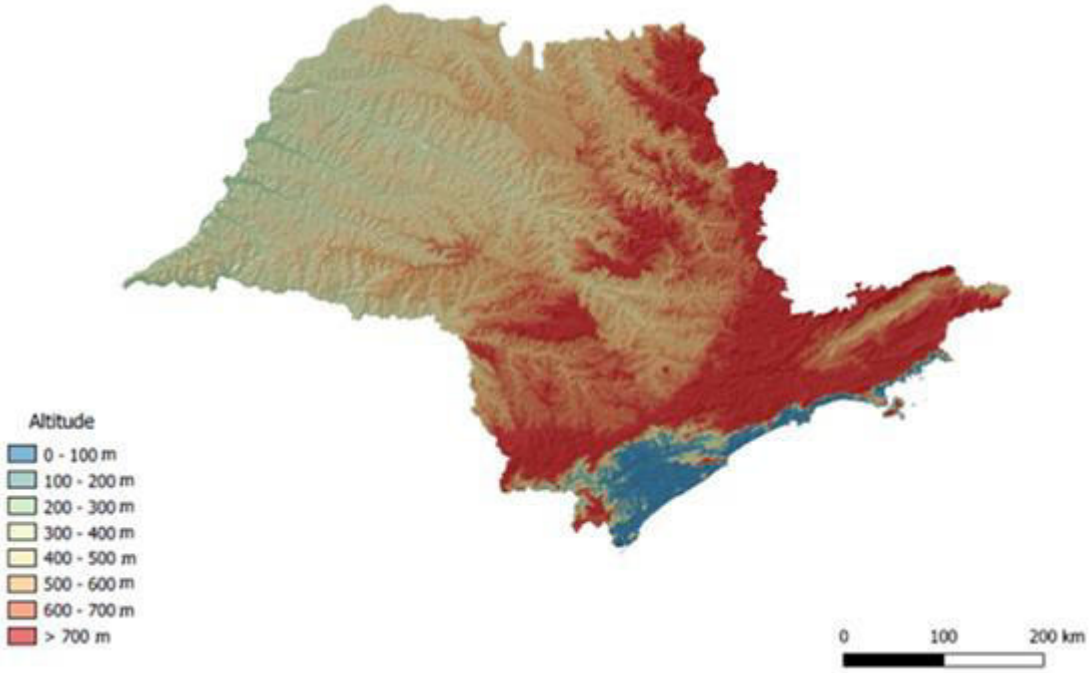
SCACHETTI, M. T.; CHAGAS, M. F.; SEABRA, J. E. A.; MATSUURA, M. I. da S. F.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; MOREIRA, M. M. R.; NOVAES, R. M. L.; BONOMI, A. A RenovaCalc aplicada ao biocombustível etanol de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Ibict, 2018. pp. 150-154.

SCHEITERLE, L. ULMER, A. BIRNER, R. PYKA, A. (2018) From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. *Journal of Cleaner Production*, V. 172, pp. 3851-3863.

SEM – SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO (2018). Balanço Energético do Estado de São Paulo, 282 p. Disponível em: < http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/Balanco Energetico.pdf>. Acesso em: 15/05/2019

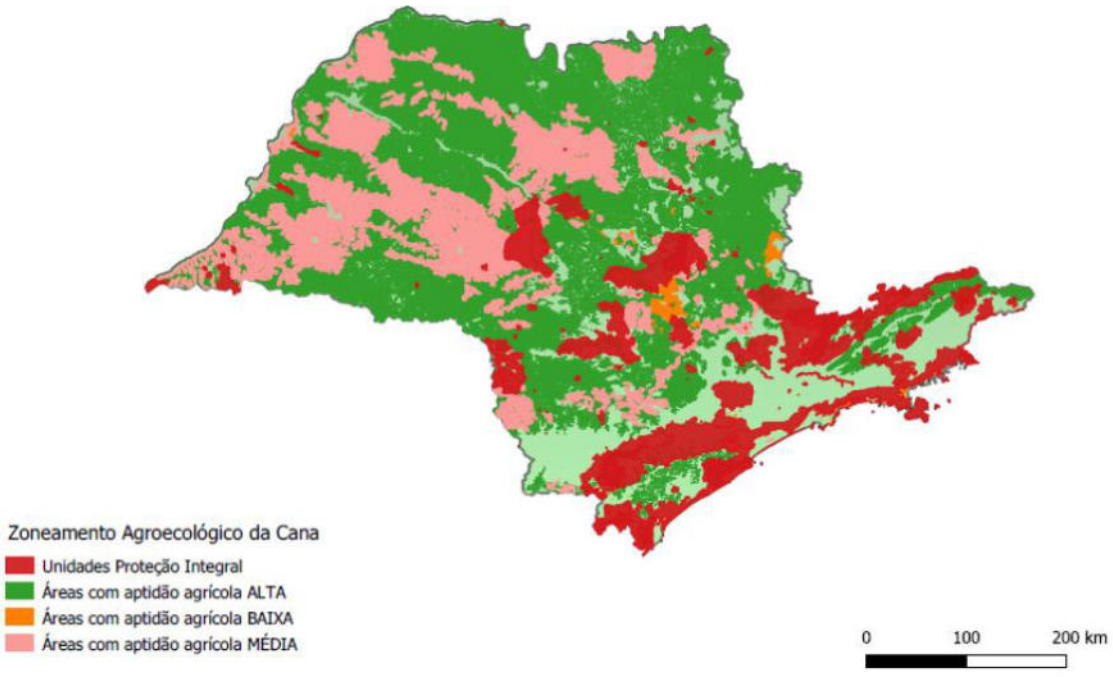
ANEXO I

Figura A. Mapa de Altitude do Estado de São Paulo



Fonte: Elaboração própria

Figura B. Mapa de Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar e áreas de Proteção Integral no Estado de São Paulo



Fonte: EMBRAPA SOLOS (2009)

Capítulo 9. Economia e Política

A Natureza dos Produtos e Modelos de Negócio na Bioeconomia

Paula Amorim de Lima[1], Flávia Chaves Alves[2], Fábio de Almeida Oroski[3]

[1]*Aluna do Curso EPQB (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Escola de Química, paula.amorimdelima@gmail.com*

[2]*Prof. Dr., Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Escola de Química*

[3]*Prof. Dr., Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Escola de Química*

Resumo

A bioeconomia surge como um novo paradigma econômico, sendo possível entendê-la como uma economia baseada em biomassa (TSAGARAKI et al., 2017) e outras fontes renováveis, de característica emergente e competição baseada em inovação. Assim, a exploração industrial da biomassa para a produção de biocombustíveis, produtos químicos, energia e outros bioprodutos, se insere nesse processo de transição (BOMTEMPO, 2018), cujos principais desafios e oportunidades se apresentam em quatro dimensões-chave: matéria-prima, tecnologias, produtos e modelos de negócio (BOMTEMPO; ALVES, 2014). Como estes pilares estão em constante modificação e coevolução, o objetivo deste trabalho é discutir como a natureza do bioproduto (commodity ou especialidade; intermediário ou final; drop-in ou não) pode influenciar os modelos de negócios adotados pela firma inovadora. A metodologia aplicada neste trabalho é baseada em um estudo de caso único, tendo sido selecionada a empresa Amyris, reconhecida pela sua importância na bioeconomia e diversidade de bioprodutos. A empresa de base biotecnológica, de origem americana, estabeleceu uma planta industrial no Brasil visando, principalmente, a utilização do caldo de cana-de-açúcar como matéria-prima. Com base, principalmente, nos relatórios anuais da Amyris, foram selecionados e analisados cinco bioprodutos, que já estivessem em fase de comercialização, para a comparação entre os modelos de negócio utilizados pela firma. Para isso, foram levantadas as características de cada produto (escala de produção, possibilidade de diferenciação por performance, intermediário químico ou produto final, substituto direto de produtos de origem fóssil ou não, ou seja, drop-in ou não), sua trajetória de desenvolvimento na empresa (motivo de entrada no portfólio, desenvolvimento do produto e aplicações), etapas de produção (principais atividades), principais parceiros envolvidos (quais empresas, setores de origem, representatividade no setor), formas de comercialização (venda direta, online, via distribuidores, licenciamento), etc. Os modelos de negócio foram explorados segundo sua proposição de valor, ou seja, o que se deseja ofertar ao cliente (definição do produto, seus diferenciais, etc.); estruturação, isto é, como este valor é criado e entregue (principais atividades da cadeia de valor, recursos e competências requeridos, tipos de parcerias); e pelas formas de captura de valor (por exemplo, vender ou licenciar a tecnologia). Os bioprodutos não drop-in requerem o acesso a novos recursos e competências, influenciando a estruturação pela necessidade do desenvolvimento de aplicações em conjunto com parceiros. Os produtos classificados como commodities são produzidos em grandes volumes, com altos investimentos, e competem na base do custo, o que leva a alianças menos numerosas e mais complexas. Já na comercialização de especialidades, nota-se uma maior diversidade nas competências requeridas para realização das atividades-chave e nos tipos de parcerias, especialmente à jusante da cadeia de valor. Por fim, a captura de valor também é influenciada pelo tipo de produto (posição na cadeia e grau de diferenciação). As diferentes naturezas dos bioprodutos

acarretam, portanto, diversos desafios relacionados a sua produção e comercialização. Assim, é preciso estruturar e experimentar modelos de negócio que enderecem estes desafios e permitam a inserção e crescimento dos bioprodutos no mercado, em um ambiente inovador e incerto.

Palavras-chave. Bioeconomia. Bioprodutos. Modelos de Negócio.

ASPECTOS POLÍTICOS SOBRE A RECOMPOSIÇÃO DA RESERVA LEGAL PARA A EXPLORAÇÃO SUSTENTÁVEL

Letícia Duron Cury[1], João Henrique Servilha[2], Rafaela Prosdocini Parmeggiani[3], Luiz César Ribas[4]

[1]*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômicas, LABB/IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia), Botucatu, São Paulo, Brasil, e-mail: le.cury@hotmail.com*

[2]*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Botucatu, São Paulo, Brasil.*

[3]*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômicas, LABB/IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia), Botucatu, São Paulo, Brasil.*

[4]*Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.*

Resumo

No Brasil, os principais elementos para a alteração antrópica do meio ambiente podem ser imputados à expansão da fronteira agrícola e das áreas industrializadas, bem como a mudança do uso da terra para fins energéticos (produção de energia elétrica) e para fins de urbanização. Ademais, a pressão econômica vem sendo um dos principais motivos associados à mudança no uso da terra. As áreas cobertas com florestas nativas acabam muitas vezes associadas às áreas de baixo valor econômico, em consequência da restrição do uso de seus recursos, contribuindo fortemente para a substituição das áreas florestadas por outros usos com maior/melhor custo de oportunidade. Desta feita, paradoxalmente, mesmo com a crescente importância ambiental de se preservar as áreas florestadas, o fato é que praticamente não existem instrumentos de políticas mais contundentes para o incentivo ou estímulo econômico, ou mesmo fiscal, visando a proteção, conservação, preservação, recuperação e, mesmo, o reflorestamento para fins produtivos ou protetivos das mesmas.
Dentro desta temática, o uso energético de florestas plantadas, em particular, acaba se tornando uma alternativa sustentável para a recomposição, por exemplo, das áreas de Reserva Legal, associando a geração de renda e emprego às propriedades rurais ao cumprimento das normas legais vigentes. No presente artigo, através de uma pesquisa exploratória a qual, por meio de uma revisão bibliográfica e análise das recentes mudanças na legislação florestal, em particular no que concerne à Resolução SMA-SP n. 189/2018, objetivou-se analisar, discutir e contribuir para a proposição de elementos balizadores de uma política florestal que proporcione a integração, de modo sustentável, da produção florestal para fins de biomassa e a garantia de biodiversidade, especificamente no que contempla as áreas de Reserva Legal das propriedades rurais do estado de São Paulo.

Palavras-chave. Eucalipto. Mata Atlântica. Propriedades Rurais. Código Florestal. Expansão das fronteiras agrícola, industrial, elétrica e urbana

Introdução

A mudança do uso da terra é considerada, no Brasil, uma das principais formas da alteração antrópica do meio ambiente e, no caso brasileiro ainda, pode ser imputada à expansão da fronteira agrícola e das áreas industrializadas, bem como à implantação de grandes empreendimentos hidroelétricos e para fins de urbanização.

Em todo o Brasil, a pressão econômica vem sendo o principal motivo para a mudança no uso da terra. As áreas cobertas com florestas nativas acabam muitas vezes associadas às áreas de baixo valor econômico, em consequência da restrição do uso de seus recursos, contribuindo fortemente para a substituição das áreas florestadas por outros usos com maior/melhor custo de oportunidade. Com isso, as taxas de desmatamento acabam se tornando mais expansivas, realçando maior atenção na última década (SIMINSKI; FANTINI, 2010).

Ao analisar as modificações na legislação florestal brasileira, evidencia-se que estas são conduzidas para diminuir os conflitos entre as normas legais e a viabilidade socioeconômica (RAMOS-FILHO; FRANCISCO, 2004).

Com a edição da Lei Federal n° 12.651, de 25 de maio de 2012, que alterou o disciplinamento dos recursos florestais conforme vinha sendo feito pelo Código Florestal brasileiro até então em vigência, estabeleceu-se, dentre outras obrigações, que aquelas propriedades rurais, particularmente no caso do estado de São Paulo, que integradas ao bioma da Mata Atlântica, deveriam preservar ou recompor no mínimo 20% de sua área total para a implementação da Reserva Legal (RL), enquanto as do bioma Cerrado, este percentual seria de 35% (BRASIL, 2012).

O uso econômico da área de Reserva Legal representa uma alternativa que agrega as normas legais de proteção ambiental à viabilidade socioeconômica do uso de recursos naturais, em especial, os de natureza florestal. Assim, o uso econômico dos plantios intercalados de espécies exóticas, não deve se desvincular da função de conservação da biodiversidade existente na área de Reserva Legal (METZGER, 2010).

A definição dos critérios, parâmetros e diretrizes que definem, para efeitos da recomposição da área de Reserva Legal das propriedades rurais existentes no estado de São Paulo, são proporcionados pela Resolução da SMA n° 189, de 20 de dezembro de 2018, a qual estabelece critérios e procedimentos para as atividades de exploração sustentável de espécies nativas do Brasil no estado de São Paulo, nas modalidades: coleta em área de vegetação natural; exploração seletiva em área de vegetação natural; intervenção e exploração seletiva de indivíduos plantados em área de vegetação natural, e; manejo agroflorestal sustentável.

A partir disto, serão discutidas neste estudo, com base na Resolução SMA-SP n. 189/2018, as condicionantes da recomposição e uso sustentável da área de Reserva Legal associada aos plantios energéticos de florestas plantadas.

Diante desse contexto, o trabalho teve como objetivo analisar, discutir e contribuir para a proposição de elementos balizadores de uma política florestal que proporcione a integração, de modo sustentável, da produção florestal para fins de biomassa e a garantia de

biodiversidade, especificamente no que contempla as áreas de Reserva Legal das propriedades rurais do estado de São Paulo.

Metodologia

Em termos metodológicos, a pesquisa apoiou-se em uma pesquisa com abordagem exploratório-documental. Assim, dentro de uma orientação dedutiva, partiu-se inicialmente das diretrizes gerais estabelecidas nas resoluções da SMA-SP n° 189, de 20 de dezembro de 2018, bem como na Lei Federal n° 12.651, de 25 de maio de 2012. Em seguida, identificaram-se os principais elementos norteadores relacionados à recomposição e manejo sustentável da área de Reserva Legal, bem como do uso energético de florestas plantadas, além da conservação da Biodiversidade. Na sequência, foi construída uma relação entre tais parâmetros visando estabelecer preceitos orientativos da recomposição e uso sustentável da área de Reserva Legal associada aos plantios energéticos com florestas plantadas. Por fim, foram discutidas diretrizes visando a construção de uma política florestal relacionada à produção florestal para fins de biomassa e a garantia de biodiversidade, especificamente voltada para a sustentabilidade das áreas de Reserva Legal das propriedades rurais do estado de São Paulo.

Resultados e Discussão

A intensificação da agricultura e a expansão da fronteira agrícola no Brasil, impulsionaram o desmatamento nas décadas passadas, fazendo com que as políticas públicas se direcionassem para adequar a exploração do solo e da água (AVANZI; BORGES; CARVALHO, 2009).

Do conjunto de medidas de proteção ambiental e produção florestal havidas na nova Lei Florestal (Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012), destacaram-se as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as áreas de Reserva Legal (RL), uma vez que estabelecem normas para as atividades de produção, podendo ser conduzidas de forma a preservar os recursos naturais (BRANCALION; RODRIGUES, 2010).

As áreas de Reserva Legal, de acordo com a referida Lei, dispõem em seu Artigo 3º, precisamente no inciso III, a definição como uma área delimitada dentro de uma propriedade rural, com as exatas funções de "assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade" (BRASIL, 2012).

Sabe-se que as propriedades rurais presentes no estado de São Paulo, integradas ao bioma Mata Atlântica e Cerrado devem preservar ou recompor, respectivamente 20% e 35% de sua área total para implementação da Reserva Legal (BRASIL, 2012). O fato é que para muitos proprietários rurais essa obrigação se torna uma dificuldade, pois praticamente não existem instrumentos de políticas mais contundentes para o incentivo ou estímulo econômico, ou mesmo fiscal, visando a proteção, conservação, preservação, recuperação e, mesmo, o reflorestamento para fins produtivos ou protetivos das mesmas (RAMOS-FILHO; FRANCISCO, 2004).

No caso específico do estado de São Paulo, a partir da Resolução da SMA n° 189/2018 (Seção III, Artigo 10), foi estabelecido que a autorização do Manejo da Vegetação de Reflorestamento em área de Reserva Legal para fins de exploração sustentável deve ser condicionada à aprovação de um Plano de Manejo Sustentável (PMS) pela CETESB, garantindo os indicadores ecológicos previstos em normativa específica de restauração ecológica no estado de São Paulo, qual seja, a Resolução SMA n. 32/2014 (SÃO PAULO, 2018).

Assim, como alternativa de estímulo econômico à recuperação florestal e incorporação do componente arbóreo em propriedades rurais[1], a Resolução da SMA nº 189, de 20 de dezembro de 2018, propicia o manejo sustentável inclusive em termos de florestas plantadas para fins energéticos em área de Reserva Legal recomposta ou em processo de recomposição, conforme se depreende de São Paulo (SÃO PAULO, 2018). O fato, torna possível a geração de lucros ao produtor, podendo futuramente cobrir os custos com a implantação de projetos de recomposição da Reserva Legal (BRANCALION; SILVA; KLAUBERG, 2012).

Ademais, diante deste contexto da referida resolução, nos termos dispostos no artigo 16, as florestas plantadas (nativas com vocação energética, por exemplo) também podem se tornar, via exploração seletiva em área de vegetação natural[2], uma alternativa rentável, tanto com respeito aos imóveis rurais acima de 04 módulos fiscais, quanto pequenas propriedades rurais ou no caso de povos ou comunidades tradicionais, tanto no que diz respeito ao bioma Cerrado quanto no bioma Mata Atlântica (artigo 5º e 6º, da resolução).

De qualquer modo, a Resolução SMA-SP apresenta, dentro de um particular entendimento, vários elementos que devem ser analisados no sentido de se estabelecer diretrizes para a conciliação da produção florestal (florestas plantadas para fins energéticos, em especial) e da proteção ambiental (conservação da biodiversidade).

Conclusões

Por meio das alternativas de uso da terra inseridas na legislação vigente, é possível, com base na Resolução SMA-SP n. 189/2018, estabelecer estratégias visando a recomposição da área de Reserva Legal conjugando plantios de florestas plantadas, visando a exploração sustentável para fins energéticos, à conservação da biodiversidade.

Para os proprietários rurais, o aproveitamento desta alternativa além de auxiliar na manutenção da biodiversidade, pode redundar em sustentabilidade social, ambiental e, naturalmente, econômica, ao final de um ciclo de produção, auxiliando na renda e futuramente na recomposição da Reserva Legal.

[1] Afora todo o rol de instrumentos até então vigentes, a exemplo da isenção do Imposto Territorial Rural para aquelas áreas de Reserva Legal que averbadas junto ao competente Cartório de Registro de Imóveis, [alínea "a", inciso II, , parágrafo 1º, do art. 10, da Lei n. 9.393/96), conforme BRASIL (1996)], bem como o Pronaf – Florestal, o Pronaf Agroecologia, Pronaf Custeio, Pronaf Microcrédito, dentre outros mecanismos de financiamento de atividades florestais, de acordo com SBF (2016).

[2] Admitindo-se aqui a especial consideração das áreas de Reserva Legal.

Por fim, a Resolução SMA n. 189/2018 ainda deve ser adequadamente analisada com o fim de se refinar diretrizes, critérios, parâmetros e procedimentos que permitam conciliar as áreas de Reserva Legal, as florestas plantadas, a finalidade energética e a conservação da biodiversidade segundo especificidades, tais como condições dos imóveis rurais (número de módulos fiscais, pequenas propriedades rurais, comunidades e povos tradicionais, médias e grandes propriedades rurais, etc.)

Isto permitiria que as florestas plantadas para fins energéticos possam vir a ser conjugadas (finalidade de produção florestal) com as funções ambientais das áreas de Reserva Legal (finalidade de proteção ambiental), particularmente no que concerne às propriedades rurais existentes no estado de São Paulo.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Referências Bibliográficas

AVANZI, J. C.; BORGES, L. A. C.; CARVALHO, R. Proteção legal do solo e dos recursos hídricos no Brasil. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 2, n. 2, p.115-128, ago. 2009.

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R. Implicações do cumprimento do Código Florestal vigente na redução de áreas agrícolas: um estudo de caso da produção canavieira no Estado de São Paulo. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, p.63-66, out. 2010.

BRANCALION, P. H. S.; SILVA, E. J. V.; KLAUBERG, C. Reserva Legal pode ser boa oportunidade de negócios em propriedades rurais. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v. 10, p.19-21, abr. 2012.

BRASIL, Lei Federal n. 9.393, de19 de dezembro de 1996. Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural – ITR, sobre pagamento da dívida representada por Títulos da Dívida Agrária e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9393.htm >. Acesso: 06 jun. 2019.

_____. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 26 abr. 2019.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? *Natureza & Conservação*, v. 1, n. 8, p.1-5, jun. 2010.

RAMOS-FILHO, L.O.; FRANCISCO, E. S. C. Legislação florestal, sistemas agroflorestais e assentamentos rurais em São Paulo: restrições ou oportunidades? In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFIORESTAIS, 2004, Curitiba. *Anais.* Curitiba: Embrapa Meio Ambiente, 2004. p. 211 - 213.

SÃO PAULO. *Resolução SMA nº 189*, de 20 de dezembro de 2018. Diário Oficial do Estado.

_____. *Resolução SMA nº 32*, de 03 de abril de 2014. Diário Oficial.

SBF. Guia de Financiamento Florestal:2016 / Serviço Florestal Brasileiro, Ministério do Meio Ambiente. -→ Brasília: MMA, 2016. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1799-guia-de-financiamento-florestal-2016/file >. Acesso 06 jun. 2019

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. A Mata Atlântica cede lugar a outros usos da terra em Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, v. 2, n. 23, p.51-59, jun. 2010.

CINZAS DE MADEIRA E LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Rafaela Prosdocini Parmeggiani[1], Luiz César Ribas[2]

[1]*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômica, LABB/IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia), Botucatu, São Paulo, Brasil, e-mail: rafaela.prosdocini@gmail.com.*

[2]*Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.*

Resumo

O desenvolvimento do mercado de biomassa florestal para energia tem utilizado fontes renováveis, que emitem menos gases de efeito estufa e, promovem a substituição dos combustíveis fósseis, caracterizando tal atividade como mitigadora das mudanças climáticas. Contudo, a retirada de resíduos florestais da área comercial acarreta menor entrada de nutrientes no solo, e, uma possível via de retorno nutricional seria a aplicação das cinzas da queima da própria madeira. Para tanto, seu próprio processamento deveria ser pensado em função do conceito de desenvolvimento sustentável, bem como, compreendido e analisado. Neste caso específico, trataremos a questão das cinzas residuais da queima da biomassa florestal e sua possível interface com o licenciamento ambiental. A pesquisa foi exploratória/documental, baseada no método dedutivo. Foram avaliados documentos como a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a legislação sobre Licenciamento e Revisão de atividade efetiva ou potencialmente poluidoras e a legislação sobre licenciamento das Atividades Agropecuárias. A interface quanto à atividade do licenciamento ambiental ser aplicada às cinzas da madeira ainda é tênue. Contudo, outros estudos são necessários para definir parâmetros, que independentemente da aplicação do processo do licenciamento ambiental em si, apontem para direções que atendam às demandas do desenvolvimento sustentável. São necessários estudos que demonstrem os efeitos da aplicação de cinzas de madeira nos corpos d'água, nos fungos e fauna do solo, e na própria produtividade florestal, para que, em última instância, seja definido o grau do impacto que esta atividade gera no ambiente.

Palavras-chave. Biomassa florestal. Desenvolvimento sustentável. Legislação florestal. Resíduos florestais.

Introdução

A bioenergia pode contribuir de maneira significativa à mitigação das mudanças climáticas por meio da substituição dos combustíveis fósseis e melhor manejo dos recursos naturais (CREUTZIG et al., 2014).

Embora a silvicultura brasileira seja referência mundial no setor de papel e celulose, carvão e indústria madeireira, o interesse na utilização da floresta com finalidade de geração elétrica é

um mercado em potencial. Projeta-se que em 2050, a oferta de bioeletricidade pelo setor florestal, considerando o processo de ciclo vapor alcance 69 TWh (TOLMASQUIM, 2016).

Quando pensamos em energia de biomassa florestal, é preciso analisar que a bioenergia representa uma dentre muitas opções viáveis à substuição dos combustíveis fósseis, devido, principalmente aos fatos de ser uma fonte renovável e de apresentar menor emissão de gases de efeito estufa em seu processamento. No entanto, o fato de removermos ou extrairmos do ambiente florestal, os resíduos da colheita numa floresta convencional, ou todo o componente arbóreo, no caso de uma floresta energética, como demonstrado por Achat et al. (2015), diminui a entrada de nutrientes no solo.

A partir disto, devemos considerar, a princípio, o disposto no inciso II, do artigo 7º, da Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). Isto porque, este inciso define, dentre outros, alguns dos objetivos dessa lei, nos seguintes termos: "não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos".

Podemos concluir, com base nisso, que todos os resíduos gerados, mesmo no contexto da floresta para bioenergia, devem ser prioritariamente submetidos a uma gestão ambiental.

Em decorrência disso, os nutrientes removidos no processo da colheita (caule principal na convencional e resíduos florestais como combustível), deveriam, no mínimo, retornar ao solo florestal, neste caso, na forma de cinzas. Embora a reaplicação de cinzas no solo florestal "devolva" alguns macronutrientes para o ambiente, o possível efeito positivo dessa aplicação no crescimento das árvores e em outros componentes do ambiente (água, solo), ainda são incertos (EUROPEAN BIOMASS CONFERENCE AND EXHIBITION, 2014).

Neste caso, embora a utilização da biomassa para bioenergia seja, por si só, uma opção mais sustentável em detrimento da utilização de combustíveis fósseis (ORTIZ et al., 2016), seu próprio processamento deveria ser pensado em função do conceito de desenvolvimento sustentável, bem como, compreendido e analisado em função do contexto político.

Neste trabalho em específico, foi analisada a questão das cinzas residuais da queima da biomassa florestal em função de um processo de licenciamento ambiental amparado na Política Nacional de Resíduos Sólidos, bem como demais disposições normativas correlatas.

Material e Métodos

A pesquisa possui caráter exploratório-documental, com metodologia dedutiva. Foi desenvolvido um processo metodológico exploratório e documental visando a sistematização e análise crítica dos principais documentos identificados ao longo da pesquisa como pertinentes para o atendimento do objetivo central, sendo eles: i) a Política Nacional do Meio Ambiente; ii) a Política Nacional de Resíduos Sólidos; iii) a legislação sobre Licenciamento e Revisão de atividade efetiva ou potencialmente poluidoras; e iv) a legislação sobre licenciamento das Atividades Agropecuárias. Estes elementos normativos foram consultados com a pretensão de abordar possíveis relações com a questão das cinzas da queima da biomassa florestal e seu eventual enquadramento nos escopos legais supracitados.

Resultados e discussão

As cinzas decorrentes da queima da biomassa florestal e a legislação ambiental

O licenciamento ambiental trata-se de um processo administrativo no qual determinado órgão ambiental estabelece diretrizes e medidas de controle que devem ser seguidas pelo empreendedor, afim de balizar a utilização dos recursos naturais quando exposto à atividades que possam causar degradação (BRASIL, 1997).

Assim dito, no processo do licenciamento ambiental, em primeira instância, deveria ser definido se as cinzas da queima da madeira, enquanto resíduos que serão dispostos no campo, poderiam ser enquadradas como atividade efetiva ou potencialmente poluidora. As cinzas da biomassa florestal, dentro de particular entendimento, somente poderiam ser consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras se na sua destinação final (quer seja como material reciclado, reutilizado ou rejeitado) viessem a configurar uma situação de degradação da qualidade ambiental ou de poluição (PARMEGGIANI; FARIA;RIBAS, 2019), conforme preconizado pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981).

Nesse sentido, as cinzas da biomassa florestal, com respeito a sua destinação final, sob qualquer forma que seja, teriam que acarretar a "*alteração adversa do meio ambiente*" [1] ou a "*degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos*"[2].

Uma análise mais acurada da previsibilidade ou não do licenciamento ambiental das cinzas da biomassa florestal, deve ser objeto de contemplação, dentro de particular entendimento, no procedimento de licenciamento ambiental da atividade de florestamento ou reflorestamento de uma determinada floresta energética, por exemplo. Disso decorreria, dentre outras implicações, discutir se as cinzas seriam resíduos sólidos (destinação final ambientalmente adequada) ou matéria prima (insumo produtivo na atividade econômica de produção de florestas).

A este propósito aplicar-se-ia, no que coubesse, a Resolução CONAMA 001/86, uma vez que "projetos agropecuários que contemplem áreas acima de 1000 hectares, ou menores, neste caso, quando tratam-se de áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental, inclusive nas áreas de proteção ambiental" (BRASIL, 1986), estão sujeitos, para fins de licenciamento, à elaboração e aprovação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)[3].

Em adição, tais projetos devem se ater ao disposto na Resolução CONAMA 237/97, que regula o licenciamento federal, principalmente em termos da competência desse Ente federativo (BRASIL, 1997).

Projetos destinados à produção de biomassa florestal para energia, dentre outros tipos de florestamento e reflorestamento dos quais decorram o uso de resíduos da colheita florestal para

[1] Inciso II, do artigo 3º, da PNMA.
[2] Inciso III, do artigo 3º, da PNMA
[3] http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_9.pdf

fins de energia, estão também sujeitos, não somente a este dispositivo legal federal, como também, aos dispositivos legais estaduais e municipais eventualmente aplicáveis.

A biomassa florestal, de maneira geral, deve ser classificada como um resíduo agrossilvopastoril, ou seja, aquele tipo de resíduo que é gerado em atividades agropecuárias e silviculturais. Ademais, as cinzas da queima da biomassa florestal podem ser consideradas como resíduos não perigosos, i.e., aqueles não enquadrados numa condição com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, não apresentando, portanto, significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica. Em resumo, quando falamos de cinzas de madeira, em relação a sua disposição final, não há configuração de área contaminada (PARMEGGIANI; FARIA; RIBAS, 2019).

Por outro lado, a previsibilidade ou não do licenciamento ambiental das cinzas da queima de biomassa florestal, sob a ótica de sua gestão enquanto resíduo agrossilvopastoril, vai depender, num primeiro momento, do seu enquadramento na PNRS tal como exposto na seção anterior.

Num momento posterior, as cinzas da biomassa florestal, considerando sua disposição final, dependerão de normatização específica quer no âmbito federal (CONAMA), quer estadual ou mesmo municipal, onde será dada a referida disposição/destinação final.

Com respeito à prospecção da legislação e do licenciamento ambiental das cinzas oriundas da queima energética dos tocos por estados e municípios, entende-se que esta sistemática, demonstra-se momentaneamente inviável.

Em suma, imagina-se que ainda não haja previsão legal, afora eventual enquadramento dentro da PNRS, do licenciamento ambiental das cinzas decorrentes da queima de madeira.

Conclusões

A a interface quanto à atividade do licenciamento ambiental ser aplicada às cinzas da madeira ainda é tênue.

Seriam necessários estudos para definir os parâmetros, que independentemente da aplicação do processo do licenciamento ambiental em si, apontem para direções que atendam às demandas do desenvolvimento sustentável.

Disso decorreria, dentre outras implicações, discutir se as cinzas seriam consideradas como resíduos sólidos (destinação final ambientalmente adequada, PNRS, questão ambiental) ou como matéria prima (insumo produtivo na atividade econômica de produção de florestas, atividade agropecuária, atividade produtiva).

Para tanto, ainda seriam necessárias pesquisas que demonstrem os efeitos da aplicação de cinzas de madeira nos corpos d'água, nos fungos e fauna do solo, e na própria produtividade florestal, para que, em última análise, seja definido o grau do impacto ambiental que esta atividade pode gerar.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Referências Bibliográficas

BRASIL. *Lei nº 6.938*, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.. . Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BRASIL. *Resolução Conama nº 001*, de 23 de janeiro de 1986. O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - IBAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. . Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BRASIL. Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997. O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno. . Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.305*, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.. . Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CREUTZIG, Felix et al. Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *Gcb Bioenergy*, [s.l.], v. 7, n. 5, p.916-944, 4 jul. 2014.

A. DEMEYER, J.C.; VOUNDI NKANA, M.G.; VERLOO. 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresour Technol*, 77, p. 287-295.

EUROPEAN BIOMASS CONFERENCE AND EXHIBITION, 22., 2014, Hamburg. *Is Bioenergy from Residues Really and Always Sustainable? Qualitative Assessment for Policymakers.* Hamburg: Eu Bc&e, 2014. 17 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267167319_is_bioenergy_from_residues_really_and_always_sustainable_qualitative_risk_assessment_for_policymakers/download>. acesso em: 23 abr. 2019.

PARMEGGIANI, R.P.; J.I.; RIBAS, L.C. Política e legislação no caso dos tocos e raízes para bioenergia. In: GUERRA, Saulo Philipe Sebastião; EUFRADE JÚNIOR, Humberto de Jesus (Org.). *Recuperação energética da biomassa de tocos e raízes de florestas plantadas.* Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2019. Cap. 13. p. 154-166. Disponível em: <http://www.fepaf.org.br/download/EBOOK_AMBAR.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2019.

TOLMASQUIM, M.T. (Org.). *Energia Termelétrica:* Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. Rio de Janeiro: Epe, 2016. 417 p.

Desempenho econômico de culturas energéticas: o caso da cana-de-açúcar nos estados de São Paulo e Goiás

Priscila de Alcantara Santos[1], Lucas Felipe Brunini de Souza[1], Bruno Hayami Takahasi[1], Maura Seiko Tsutsui Esperancini[2]

[1] *Graduanda do Curso de Engenharia Agronômica, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, e-mail (priscilaf.n1@gmail.com)*

[2] *Docente do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu.*

Resumo: A cana-de-açúcar é a principal cultura em termos de produção no Brasil. Na safra 2018 foram cultivados aproximadamente 9,2 milhões de ha com 674 milhões toneladas produzidas (IBGE, 2019). É um setor importante não apenas pela produção de açúcar, onde o Brasil destaca-se por ser o principal exportador mundial, mas também pela produção de etanol para fins combustíveis. O setor sucro-energético é estratégico, com cerca de 380 unidades produtoras e mais de 1.000 municípios com atividades vinculadas à indústria sucroenergética no País. O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo, com uma frota corrente de 26 milhões de automóveis flex (70% da frota de veículos leves). Dada a relevância da cultura na produção de biocombustível é essencial monitorar o desempenho econômico da produção desta matéria prima. **Objetivo:**. Este estudo tem como objetivo analisar o desempenho econômico da cultura da cana-de-açúcar em duas regiões brasileiras, tradicional e nova, respectivamente (São Paulo e Goiás). **Metodologia:** Como a cana de açúcar é uma cultura semi perene, os custos e as receitas (AGRIANUAL 2018) foram anualizados a uma taxa de desconto de 6,25% ao ano, para obter os valores anuais equivalentes. Foram estimados os seguintes indicadores de desempenho econômico: Margem Bruta (MB): mostra em quanto o lucro operacional excede os custo operacional efetivo (COT), Ponto de nivelamento (PN) mostra a produtividade mínima que cobre o COT, Lucro operacional (LO) mostra a diferença entre a receita total e o COT em R$ por ha e Índice de Lucratividade (IL) mostra qual o percentual de lucro em relação a receita obtida. **Resultados:** Os resultados obtidos são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 1. Resultados econômicos da cana nas regiões de SP e GO

Indicadores	São Paulo	Goiás
Custo Operacional Total (COT) (R$/ha)	6.383,79	6.570,08
Receita Bruta (RB) (R$/ha)	7.451,69	7.356,81
Margem Bruta (MB) (%)	16,73	11,97
Ponto de Nivelamento(PN) (sc/ha)	80, 17	80,57
Lucro Operacional (LO) (R$/ha)	1.067,90	786,73
Índice de Lucratividade (IL) (%)	14,33	10,69

Os resultados mostram que as duas regiões apresentam resultados econômicos positivos, com ligeira superioridade da região tradicional (SP). Com isso os produtores paulistas obtêm maior margem sobre os custos (MB), maiores lucros por unidade de área (LO) e maiores lucros em relação à receita (IL). Por ser uma região nova e resultados econômicos próximos aos da região tradicional é possível inferir que esta região incorpora tecnologias rapidamente e pode atingir resultados econômicos similares ou melhores a região tradicional, recomendando-se tecnologias que permitam reduzir mais os custos.

***Palavras chave**: viabilidade econômica, biocombustíveis, energia na agricultura*

Referências:

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. 24. ed. São Paulo: FNP Consultoria 2019. 497 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola , 2019. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 mar. 2019.

Desempenho econômico de culturas energéticas: o caso da soja em Rio Verde – GO

Lucas Felipe Brunini de Souza[1], Priscila de Alcântara Santos[1], Bruno Hayami Takahasi[1], Maura Seiko Tsutsui Esperancini[2]

[1]*Graduando do Curso de Engenharia Agronômica, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, e-mail (lucasfelipebrunini@gmail.com)*

[2] *Docente do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu.*

Resumo: Dentre as culturas energéticas, a soja destaca-se por ser uma das principais culturas brasileiras, não apenas em área como também em produção. A receita proveniente das exportações do complexo agroindustrial brasileiro de soja supera os dez bilhões de dólares, representando cerca de 8% do total exportado pelo País. Todavia, mais importante do que os benefícios diretos provenientes das exportações são os benefícios indiretos derivados da sua extensa cadeia produtiva, que superam em mais de cinco vezes esse montante (AGEITEC EMBRAPA,2019). Além de sua importância como geradora de divisas, a soja do ponto de vista energético, corresponde a 82% da matéria prima necessária para a produção do biodiesel, portanto o controle de custos e o desempenho econômico da cultura é extremamente importante para se obter matéria prima para a produção de combustível sustentável a preços competitivos. **Objetivo:** Dada a relevância da cultura na produção de biocombustível é essencial monitorar os custos de produção desta matéria prima, este estudo tem como objetivo analisar o desempenho econômico da cultura da soja na região de Rio verde – GO, sudoeste goiano. **Metodologia:** Com base nos dados extraídos do AGRIANUAL, 2018, referente aos custos de produção da cultura da soja na região de Rio Verde – GO, que leva em consideração 3 tipos de cultivares (convencional, transgênico e transgênico 2ª geração) e suas respectivas produtividades médias na região, foram estimados os principais indicadores econômicos de desempenho, com base no preço saca de abril de 2019. **Resultados:** Os resultados são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 1. Resultados econômicos da soja em Rio Verde – GO

Indicadores	Soja Convencional (57 sc/ha)	Soja Transgênica (57 sc/ha)	Soja Transgênica 2ª geração (62sc)
Custo Operacional Total (R$/ha)	2.547	2.462	2.434
Receita Bruta (R$/ha)	3.847	3.847	4.185
Margem Bruta (%)	51	56	72
Ponto de Nivelamento (sc/ha)	38	36	36
Lucro Operacional (R$/ha)	1.300	1384	1.750
Índice de Lucratividade (%)	34	36	42

Os resultados mostram que a soja na região analisada apresenta resultados econômicos bastante favoráveis, qualquer que seja a tecnologia adotada. As margens brutas, que mostram os ganhos sobre os custos variaram entre 51 e 72%. Os pontos de nivelamento são inferiores as produtividades, o que mostra a produção necessária para cobrir o custo operacional efetivo. O lucro operacional foi positivo em todos os casos, variando de R$1300,00 a R$1750/ha. Os índices de lucratividade também são positivos e relativamente elevados, apontando que na região a soja apresenta desempenho econômico favorável, principalmente a soja transgênica

de 2ª geração que a despeito dos maiores custos, apresentou maior produtividade sendo assim a mais indicada.

***Palavras chave**: viabilidade econômica, biocombustíveis, energia na agricultura*

Referências:

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. 23. ed. São Paulo: FNP Consultoria 2018. 497 p.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO (AGEITEC). Importância Sócio econômica da soja, 2019. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br> >. Acesso em: 20 abr. 2019.

Desempenho econômico de culturas energéticas: o milho na região de Paranapanema

Bruno Hayami Takahasi[1], Lucas Felipe Brunini de Souza[1], Priscila de Alcântara Santos[1], Maura Seiko Tsutsui Esperancini[2]

[1]*Graduando do Curso de Engenharia Agronômica, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, e-mail (lucasfelipebrunini@gmail.com)*

[2]*Docente do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu*

Resumo: O milho é destinado predominantemente para a alimentação animal. Nos EUA este volume é cerca de 50% e no Brasil situa-se entre 60% a 80%. Porém mesmo com a importância da produção destinada à alimentação animal, os EUA têm no milho a principal matéria-prima para a produção de etanol, em torno de 5% de sua produção. No Brasil, o milho é uma das principais culturas agrícolas do ponto de vista econômico e social, e também apresenta grandes impactos tanto para a alimentação humana e animal. Além disto, o milho, mais recentemente, vem sendo utilizado para a produção de bioenergia (etanol). Estudos apontam que o milho pode ser uma matéria prima viável para a produção de etanol em algumas regiões (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2019). A viabilidade econômica da cultura, mais especificamente, deve partir inicialmente do desempenho econômico no campo com a análise de custos e rentabilidade da cultura. **Objetivo:** Este estudo tem como objetivo analisar o desempenho econômico da cultura da cultura do milho safrinha na região de Paranapanema – SP nos sistemas irrigados e de sequeiro. **Metodologia:** Foram estimados os seguintes indicadores de desempenho econômico: Margem Bruta (MB): mostra em quanto o lucro operacional excede os custo operacional efetivo (COT), Ponto de nivelamento (PN) mostra a produtividade mínima que cobre o COT, Lucro operacional (LO) mostra a diferença entre a receita total e o COT em R$ por ha e Índice de Lucratividade (IL) mostra qual o percentual de lucro em relação a receita obtida, utilizando dados do Agrianual (2019) e os preços de setembro de 2019, para o milho de 2ª safra de sequeiro e irrigado. **Resultados:** Os resultados mostram que a cultura do milho na região apresenta resultados econômicos bastante favoráveis para a sua implantação, praticamente independente do manejo adotado. Os custos de produção são ligeiramente superiores para o milho irrigado, o que implica em maior ponto de nivelamento, mas a maior produtividade proporciona receita mais elevado para o milho irrigado (RR2.281,73/ha) em relação ao milho de sequeiro (RR2.134,31). Também o milho irrigado apresenta maior lucro operacional (R$1.938,77/ha) em relação ao milho de sequeiro (R$ 1.535,69/ha). A margem bruta do milho irrigado é superior ao milho de sequeiro (84,9% e 71,95%, respectivamente. O percentual de lucro considerando a receita bruta (índice de lucratividade) é superior também para o milho irrigado em relação ao milho de sequeiro (46% e 42%, respectivamente). É importante destacar que no ano em análise os preços estiveram com preços superiores à média dos últimos anos e eventuais mudanças nos preços podem alterar os resultados econômicos.

Palavras chave: *Viabilidade econômica, produção de bioenergia, produtividade, desempenho econômico.*

Referências: AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. 24. ed. São Paulo: FNP Consultoria 2019. 352 p.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Etanol de milho é alternativa de investimento para o Centro-Oeste. Disponível em: < https://www.sna.agr.br/etanol-de-milho-e-alternativa-de-investimento-para-o-centro-oeste-aponta-estudo/ >. Acesso em: 22 abr. 2019.

RenovaBio e biomassa vegetal no Brasil: Biotecnologia que possibilita alta produtividade sustentável

Alessandra Camelo[1,2], Patrícia Léo[2], José Ivo Baldani[3], Patricia Helena Lara dos Santos Matai[1], Alfredo Eduardo Maiorano[2]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente – PPGE/IEE, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brazil. alecameloeng@gmail.com*

[2]*Laboratório de Biotecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, SP, Brazil*

[3]*Laboratório de Genética e Bioquímica, Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia – CNPAB, Seropédica, RJ, Brazil*

Resumo

A produção de biomassa vegetal para aplicações bioenergéticas geradas a partir de plantas cultivadas em solos brasileiros ainda é subestimada em relação a potencial de rendimento sustentável, onde a perspectiva técnica e a otimização foram exaustivamente investigadas e aprimoradas para conversão energética no campo da Engenharia. No entanto, demandas presentes e futuras advindas do Programa RenovaBio desafiam o setor agrícola na sua base biotecnológica já no plantio ou semeio da lavoura, encontram-se oportunidades substanciais de otimização e garantia de rendimento de biomassa. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é discutir casos de sucesso dentro da biotecnologia onde o Brasil rompeu barreiras de inovação e ainda tem oportunidades claras para seguir avançando mediante incentivos massivos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Para tal, foram analisados dois casos identificados como relevantes e de sucesso de PD&I na área biotecnológica com potencial de contribuição atual e futura para a produtividade sustentável no campo. O caso 1 analisa de forma geral o melhoramento vegetal como a resistência de cultivares à incidência de broca e o caso 2 aborda a tecnologia de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) para *commodities* brasileiras. Assim, foram avaliadas os objetivos, investimento e retorno estimado em campo atual e futuro sugerindo a importância da continuidade em PD&I nas pesquisas para atender a demanda presente e futura de biomassa vegetal impulsionadas pelo programa RenovaBio.

Palavras-chave. Fixação Biológica de Nitrogênio. Inoculante. Melhoramento Vegetal. Tecnologia BT.

Introdução

O programa RenovaBio, lançado no final de 2017 como uma política de Estado no Brasil, propõe o reconhecimento do papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na oferta energética brasileira. A iniciativa visa a segurança energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), aplicando a Renovacalc para cálculo da intensidade de carbono dos biocombustíveis com base na Avaliação do Ciclo de Vida – AVC (MME, 2017). O RenovaBio reforça o compromisso do Brasil em relação ao cumprimento do Acordo de Paris

e empenho frente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODSs) do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD (MDPG, 2017). Além disso, promete estimular o aumento do volume vendido de biocombustível ano após ano, visando dobrar o uso de etanol até 2030 e que atualmente encontra-se na casa dos 26 bilhões de litros por ano (TEIXEIRA, 2018). No entanto, para que o programa seja um sucesso, as lideranças precisam negociar com os diferentes *stakeholders* envolvidos a fim de extrapolar investimentos em macroprocessos de engenharia, que são muito visados pelo retorno rápido, e atentarem também para a necessidade de investimentos vigorosos na ponta inicial da cadeia de produção dos biocombustíveis: a relacionada com a produção da matéria prima vegetal sustentável e de qualidade.

Dentro da biotecnologia para biomassa vegetal no Brasil e no mundo, destacam-se melhoramento e microbiologia para investimento de recursos Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação. O melhoramento de variedades adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras e com maior praticidade na execução de tratos agriculturais visa obter maior produtividade no campo e menor emissão de gases causadores de efeito estufa (FUCK & BONACELLI, 2011). Ainda, outro carro chefe do setor que precisa de um olhar mais atento para continuar gerando ótimos resultados é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). A FBN pode ser definida como processo que dispensa o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos graças a ação do complexo enzimático Nitrogenase presente em bactérias diazotróficas, fornecendo N assimilável durante interação com as plantas (Hennecke et al. 1985). Com isso, o objetivo do presente trabalho foi o de analisar dois casos de sucesso da biotecnologia no Brasil que otimizaram a produção de biomassa vegetal em termos sustentáveis, visando estimular investimentos futuros de possíveis *stakeholders* em soluções biotecnológicas diversas para suprir a demanda crescente de biomassa com a ascensão do programa RenovaBio.

Material e Métodos

A pesquisa foi baseada em dois estudos de caso identificados como relevantes e de sucesso de PD&I na área biotecnológica com potencial de contribuição atual e futuramente para a produtividade sustentável no campo. O caso 1 analisa de forma geral o melhoramento vegetal como a resistência de cultivares à incidência de broca e o caso 2 aborda a tecnologia de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) para *commodities* brasileiras, incluindo culturas sucroenergéticas. Assim, foram avaliados os objetivos, investimento e retorno estimado em campo, nos dias atuais e futuramente, sugerindo a importância da continuidade em PD&I nas pesquisas para atender a demanda presente e futura do programa RenovaBio.

Resultados e Discussão

Caso 1 Melhoramento de cultivares: obtenção de variedades resistentes, logo, mais produtivas

Um eixo importante de inovação na área de melhoramento vegetal diz respeito à resistência de cultivares ao ataque de pragas e insetos, que ocorre não só por seleção de plantas resistentes naturalmente como também por modificação genética. Um caso importante é o *Diatraea saccharalis*, mais conhecido como broca, que ataca plantações de gramíneas para bioenergia como a cana-de-açúcar e causa prejuízos de até R$ 5 bilhões de reais anualmente

devido a perdas em produtividade agrícola e industrial, qualidade do açúcar e custos com inseticidas (UNICA, 2017; CTC, 2017). Por conta de um efeito tóxico aos insetos, cientistas identificaram no DNA da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) os genes *cry* e vip responsáveis pela expressão das proteínas inseticidas e os introduziram em plantas como a soja, o milho, o algodão e, mais recentemente na cana (BLANCO et al., 2016). Diversos estudos vem sendo realizados para Tecnologia de Resistência à Insetos (RI), onde o retorno financeiro atual e projeções futuras comparam cultivares resistentes e convencionais importantes para o setor agrícola brasileiro. As projeções de lucro apontam que a safra 2027/28 de cultivares RI deve superar as variedade convencionais de milho inverno em 60,56%, milho verão em cerca de 37,8%, soja em 12,5% e algodão em 2,44%. Ainda, segundo dados da Agroconsult (2016), os custos envolvidos no plantio destas culturas podem atingir economia de até R$ 113 reais ha^{-1}.

Além das cultivares apresentadas na Figura 1, o recente desenvolvimento das genuinamente brasileiras canas Bt pelo CTC fortalecem o setor sulcroalcooleiro por serem as primeiras canas-de-açúcar geneticamente modificadas e aprovadas para comercialização mundial. Além disso, após longo processo de análise considerando risco ambiental e saúde humana, a CTC20Bt já plantada em 2018 e a mais recente CTC9001BT que terá mudas distribuídas para a safra 2019/20, contam com aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio (CTC, 2018). No estado atual de conhecimento, ainda não há dados publicamente divulgados com relação à produtividade e rentabilidade das safras de CTC20Bt no campo, além da economia anual que dispensa os insumos aplicados contra a praga. No entanto, alguns indicadores positivos da tecnologia como saúde da planta em condições de campo foram divulgados, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Impacto no campo da tecnologia Bt observada para cana CTC20BT em comparação com variedade convencional, com relação ao índice da planta e saúde visual das touceiras

Fonte: CTC, 2017.

Caso 2: Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

O caso 2 analisado é referente ao processo de Fixação Biológica de Nitrogênio. Muito mais do que fornecedoras de N, as bactérias (BPCP) e rizobactérias (RPCP) promotoras de crescimento fornecem fitohormônios às plantas, incluindo auxina (CASSÁN et al., 2014) e giberelina (COHEN et al., 2007), além de proporcionar solubilização de fosfato complexado

no solo para formas assimiláveis às plantas (ESTRADA et al., 2013). A FBN sempre foi reconhecida como destaque brasileiro de inovação biotecnológica, incluindo os recentes avanços relacionados à formulação de inoculantes com elevada eficiência. A tendência de demanda de biomassa de gramíneas para o RenovaBio prevê esforços no desenvolvimento de inoculantes múltiplos, seleção de novas estirpes, pesquisas para o avanço no conhecimento básico e geração de tecnologias portadoras de futuro na área de biotecnologia.

Em termos econômicos, o Brasil encontra na soja o principal *case* de sucesso de simbiose e que é reconhecido ao redor do mundo: o da soja inoculada com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium* ssp. tem resultado em uma economia de até USD $ 14 bilhões anuais, valor este que varia dependendo da área cultivada (ha) da taxa cambial real (R$) para dólar ($) em base anual (EMBRAPA, 2018). No entanto, mais estudos necessitam ser realizados com relação às RPCP, pois para diversas leguminosas o sistema não foi completamente elucidado, como o feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) tão querido e presente no prato dos brasileiros (HELDER et al., 2019). Já no que tange às BPCP para as gramíneas, ainda não há resultados estrondosos como os atingidos para a soja. Neste sentido, o avanço das pesquisas envolvendo gramíneas perenes brasileiras como cana-de-açúcar e capim elefante carecem de investimento massivo em CT&I para deslanchar. Atualmente o mercado dispõe de inoculantes comerciais a base de estirpes de *Azospirillum* spp. para as culturas de milho e trigo com a produção anual de cerca de 5,9 milhões de doses de inoculantes comercializados ao ano (ANPII, 2018). Os estudos estão em expansão para as pastagens (HUNGRIA et al., 2016) e cana-de-açúcar (REIS et al., 2018 – congresso FBN – Foz do Iguaçu) assim como no uso conjunto do inoculante de milho e da soja que tem apresentado ganhos expressivos para a cultura da soja.

A partir do compromisso do Brasil fixado na 15ª Conferência das Partes (COP15), buscou-se ampliar para cerca de 5,5 Mha a FBN na agricultura como meta orientada para diminuição do N-fertilizante. Com essa ampliação, estima-se que a redução de emissão chegaria a 10 milhões de ton ano^{-1} de CO_2 equivalente em 2020 (EMBRAPA, 2018). Ainda, além da importância da inoculação no que tange à redução da emissão de GEEs e viabilidade técnica, a estimativa de viabilidade econômica também tem papel fundamental na disseminação da tecnologia e futuros investimentos para avanço e aperfeiçoamento destas. Um estudo detalhado recente trouxe, de forma inédita, avaliação de índice econômico para cana-de-açúcar cultivada em duas localidades no Brasil a fim de inferir sobre a viabilidade econômica da FBN nesta gramínea. O trabalho de Pereira et al. (2019) controu com tratamentos como controles absolutos, abubação N-fertilizante (0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1}) com e sem inoculação com mix de cinco bactérias fixadoras de N, incluindo *Gluconacetobacter diazotrophicus* $PAL5^T$. Concluiu-se, no melhor dos casos, que a inoculação com o mix de bactérias adubado com dose de 50 kg ha^{-1} atingiu o maior retorno econômico de US$ 2.781,8 perante os demais tratamentos e considerando as duas localidades estudadas. No entanto, o importante estudo reporta dados experimentais de 2010, trazendo a base de cálculo para este mesmo ano. Ainda assim, ressalta-se a importância do trabalho considerando a carência de estudos similares detalhados na literatura para FBN em cana-de-açúcar e demais gramíneas de interesse bioenergético, que incluam devida avaliação de viabilidade econômica.

Conclusões

O governo como um agente regulador e contribuinte principal no fomento a CT&I tem a árdua tarefa de conciliar estabilidade de desenvolvimento com um ambiente favorável para negócios responsáveis, inovação em áreas estratégicas, além de estrutura legal que salveguarde propriedade intelectual e certificação. Investimentos massivos em biotecnologia devem continuar sendo realizados, possibilitando assim avanços na elucidação do mundo bacteriano que proporcione inoculantes mais eficazes. Além disso, outros *stakeholers* podem e devem ser incluídos no desenvolvimento de tecnologia visando melhoramento vegetal para variedades de interesse nacional mais resistentes e produtivas. Desta forma, com maior produtividade e redução drástica da emissão de GEEs no ciclo produtivo de biomassa vegetal, o setor agro e sucroenergético serão capazes de atender as demandas do RenovaBio de forma sustentável e em conformidade com acordos internacionais firmados pelo País.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) e ao Programa Novos Talentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (NT-IPT). Alessandra Camelo é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) e Demanda Social de Apoio às Atividades de Pós-Graduação no Programa de Energia (PPGE) do Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo (IEE-USP).

Referências Bibliográficas

ANPII – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES. Levantamento do Uso de Inoculantes no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8, 2018, Goiânia. **Resumos**... Goiás: Embrapa Soja & Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018, 33 p.

AGROCONSULT (2018) IMPACTOS ECONÔMICOS E SÓCIO-AMBIENTAIS DA TECNOLOGIA DE PLANTAS RESISTENTES A INSETOS NO BRASIL: Análise Histórica, Perspectivas e Desafios Futuros, *Agroconsult*, 57 p. Disponível em: <http://apps.agr.br/wp-content/uploads/2018/12/Impactos-do-Milho-Bt-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 26/04/2019

BLANCO, CA CHIARAVALLE, W DALLA-RIZZA, JR GARCÍA-DEGANO, MF GASTAMINZA, G MOTA-SÁNCHEZ, D MURÚA, MG OMOTO, C PIERALISI, BK RODRÍGUEZ, J RODRÍGUEZ-MACIEL, JC TERÁN-SANTOFIMIO, H TERÁN-VARGAS, AP VALENCIA, SJ WILLINK, E (2016) Current situation of pests targeted by Bt crops in Latin America. *Current Opinion in Insect Science*, V. 15, pp. 131–138

CASSÁN, F. VANDERLEYDEN, J. SPAEPEN, S. (2014) Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus Azospirillum. *Journal of Plant Growth Regulation*. V. 33, pp. 440–459.

COHEN, A. C. BOTTINI, R. PICCOLI, P. N. (2007) *Azospirillum brasilense* Sp 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. *Journal of Plant Growth Regulation*. V. 54, pp. 97–103

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (2017) Bula Técnica CTC 20 BT. *Centro de Tecnologia Canavieira*, 20 p. Disponível em: <https://variedadesctc.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Bula-CTC20BT.pdf>. Acesso em: 29/04/2019

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (2018) CTNBio aprova 2ª variedade de cana transgênica do CTC resistente à broca. Disponível em: <http://ctc.com.br/ctnbio-aprova-2a-variedade-de-cana-transgenica-do-ctc-resistente-a-broca/>. Acesso em: 29/04/2019

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2018) Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja. In: Soluções Tecnológicas. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja>. Acesso em: 23/04/2019

ESTRADA, G. A. BALDANI, V.L.D. DE OLIVEIRA, D.M URQUIAGA, S. BALDANI J. I. (2013) Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. *Plant & Soil*. V. 369, I. 1–2, pp. 115–129

FUCK, M. P. BONACELLI, M. B. (2011) O contexto da organização da ciência, tecnologia e inovação: evolução histórica e perspectivas futuras para o melhoramento genético vegetal no Brasil. *Desenvolvimento em Debate.* V. 2, N. 2, pp. 73–89

HUNGRIA, M. NOGUEIRA, M. A. ARAUJO, R. S. (2016) Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. V. 221, pp. 125–131

SILVA, H. A. P. da CAETANO, V. S. PESSOA, D. D. V. PACHECO, D. S. ARAÚJO, J. L. S. (2019) Molecular and biochemical changes of aging-induced nodules senescence in common bean. *Symbiosis*, pp. 1–16

HENNECKE, H. KALUZA, K. THÖNY, B. FUHRMAN, M. LUDWIG, W. STACKEBRANDT, E. (1985) Concurrent evolution of nitrogenase genes and 16S rRNA in Rhizobium species and other nitrogen fixing bacteria. *Archieves of Microbiol*. V. 142, I. 4, pp. 342–348

MPDG – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, PLANEJAMENTO E GESTÃO (Atualmente Ministério da Economia MP nº 870/2019) (2017) Relatório Nacional Voluntário Sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: < http://www.secretariadegoverno.gov.br/snas-documentos/relatoriovoluntario_brasil2017port.pdf>. Acesso em: 26/04/2019

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2017) Programa RenovaBio. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal. Acesso em: 22/04/2019

PEREIRA, W. SOUSA, J. S. SCHULTZ, N. REIS, V. M. Sugarcane Productivity as a Function of Nitrogen Fertilization and Inoculation with Diazotrophic Plant Growth-Promoting Bacteria. *Sugar Tech*, V. 21, I. 1, pp. 71-82

TEIXEIRA, M. BP (2018) acredita que RenovaBio deve impulsionar investimentos em biocombustíveis. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/investimento/bp-nova-politica-biocombustivel-brasil-impulsionando-investimentos-291118>. Acesso em: 27/04/2019

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (2017) CANA GENETICAMENTE MODIFICADA DESENVOLVIDA PELO CTC É APROVADA NA CTNBIO. Disponível em: < http://www.unica.com.br/noticia/16900437920320868796/cana-geneticamente-modificada-desenvolvida-pelo-ctc-e-aprovada-na-ctnbioagroambientais>. Acesso em: 28//04/2019

IV CIBIO – dias 25, 26 e 27 de junho de 2019 – Curitiba, PR – Expotrade Convention Center

Capítulo 10. Instrumentos e Ferramentas Métricas em Biomassa

Análise da precisão de aplicativos topográficos visando a melhoria da produção de biomassa

Mateus de Campos Leme[1], Thiago Luiz Ieches[2], Alexandre Luis da Silva Felipe[3], Flávia Luize Pereira de Souza[4], Sergio Campos[5]

[1] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Mestrando no Programa de Energia na Agricultura, e-mail: mateus.leme93@gmail.com*

[2] *Universidade Paulista – UNIP, Graduado em Engenharia Civil*

[3] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Doutorando no Programa de Energia na Agricultura*

[4] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Mestranda no Programa de Energia na Agricultura*

[5] *Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, Botucatu, Professor*

Resumo

O levantamento planialtimétrico de alta precisão, auxilia ações de campo, como a construção de curvas de nível, resultando na mínima de movimentação de terra, minimizando a intervenção no terreno, evitando processos erosivos e possíveis assoreamentos de córregos e rios, e consequente melhoria na aptidão agrícola local para produção de biomassa. Assim, avanços tecnológicos inseridos na topografia, no desenvolvimento e popularização de equipamentos e técnicas, como o Global Positioning System (GPS) é um exemplo, e tem como função permitir que receptores conheçam sua posição em qualquer lugar sobre a terra com uma notável precisão. Existem aplicativos topográficos de celular, para smartphone, que contém a função GPS, porém ainda não existem estudos comparativos entre eles. Assim, essa incerteza sobre a precisão da aferição de medições de dados coletados em campo, motivou o presente trabalho que tem como objetivo analisar todos os dados levantados com o aparelho GPS e aplicativo de topografia de telefone móvel "smartphone", visando comparar as precisões dos pontos levantados analisando as distâncias, as coordenadas e as áreas resultantes do levantamento realizado. O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de São Manuel, estado de São Paulo, no Loteamento Residencial Juliani, quadra 06 localizado entre as Rua 02 e Rua 03, no cruzamento das Ruas 06, Rua 07, onde foram feitos levantamentos topográficos realizados por três diferentes tipos de aplicativos de aparelho celular smartphone da marca Mobile Topographer, CR Campeiro 7 e o Topografia APP, e esses dados foram comparados com marcos de referência de pontos planimétricos de alta precisão. Deste modo, a análise de todos os levantamentos, permitiu inferir que a precisão dos aplicativos smartphone é baixa comparada com o GPS, assim, a tecnologia disponível para smartphones no mercado, não apresenta grau de confiança aceitável para levantamentos planimétricos.

Palavras-chave. Levantamento Topográfico. GPS. Smartphone. Biomassa.

ANÁLISE DE INSTRUMENTOS E APLICATIVOS DE MEDIÇÃO DE ALTURA DE ÁRVORES

Fabiano Rodrigues Pereira[1], Thaís Chaves Almeida[2], Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia[3], Jeverson Cruz Santos[2], Tainá Barreto Santos[2]

[1]*Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, fabiano.engflo@gmail.com*

[2]*Graduandos em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*

[3]*Departamento de Engenharia Agrícola e Solos , Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*

Resumo

Altura e diâmetro são variáveis de grande importância para execução dos inventários florestais. Existem formas diretas e indiretas para obtenção de altura, sendo as medidas indiretas as mais utilizadas devido a maior viabilidade. Essas medidas podem ser obtidas por meio de instrumentos óticos e, com o avanço da tecnologia, já estão disponíveis aplicativos para smartphones que podem realizar essa função. No entanto, estudos sobre a precisão desses aplicativos ainda são iniciais. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a precisão de instrumentos e aplicativos de medição indireta de altura em comparação a medição direta. O trabalho foi realizado em um plantio de Eucalyptus urophylla, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista. Para isso foram selecionadas 30 árvores ao acaso e mediu-se as alturas utilizando instrumentos tradicionais (Clinômetro Haglof e Suunto) e dois aplicativos (Hypsometer e 3D Prumo), além de trena (referência). Em seguida, calculou-se os valores de estatística descritiva, erro médio associado em percentagem , erro padrão da diferença média e aplicou-se o teste t de Student ($\alpha = 0,05$). O Suunto e o Hypsometer apresentaram maior agilidade na obtenção das medidas. Todos os métodos de estimação resultaram em amplitudes e médias superiores à medição direta, superestimando os valores reais de altura. Os aplicativos (Hypsometer e 3D Prumo) não apresentaram diferença significativa, em relação aos valores diretos. Além disso, percebeu-se que todos os métodos de estimação de altura promoveram desvio padrão e coeficiente de variação maiores que os dos valores reais. Dessa forma, conclui-se que os aplicativos são mais precisos que os métodos de estimação tradicionais (Clinômetro e Hypsômetro), que promoveram superestimação dos valores reais de altura.

Palavras-chave. Mensuração florestal. 3D Prumo. Hypsometer. Dendrometria.

Introdução

O Brasil possui uma área de 7,8 milhões de hectares de reflorestamento, sendo o setor brasileiro de árvores plantadas responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial do país (IBÁ, 2017). A extensa área brasileira ocupada por florestas, seja plantadas ou naturais, e todo o desenvolvimento do setor econômico revela a real necessidade de amplo conhecimento na realização de inventários florestais, buscando resultados mais precisos.

O inventário florestal é capaz de fornecer dados que sustentam pesquisas relacionadas a recursos naturais e tomadas de decisões referentes ao uso da terra. Além disso, possibilita projeções de ordem econômica e relativas à comercialização (HIGUCHI, 1982; ARAÚJO, 2006).

Para executar um inventário florestal, torna-se necessário a mensuração de variáveis dendrométricas, como a altura e o DAP (Diâmetro a Altura do Peito) das árvores. A altura é uma variável de importância significativa para a mensuração do volume e, em algumas situações, pode ser usada para indicar qualidade do sítio (SILVA et al., 2012). A altura total das árvores é definida como a distância do nível do solo até o topo da árvore, enquanto a altura comercial é definida de acordo com a sua finalidade.

Medidas diretas de altura podem ser obtidas com uso de trena em árvores abatidas ou por meio de escalada com equipamentos apropriados. Entretanto, o mais usual e viável é realizar a medição indireta usando instrumentos adequados.

A obtenção de medidas indiretas de altura são realizadas por meio de aparelhos conhecidos como clinômetros ou hipsômetros. Esses aparelhos são baseados em princípios geométricos (relação de triângulos) ou trigonométricos (relação de triângulos e distâncias). A escolha dos equipamentos para realizar inventários florestais normalmente se baseia na habilidade do operador e no custo e eficiência do instrumento. São encontradas algumas opções de hipsômetros e clinômetros no mercado, com preços variáveis, sendo mais onerosos os que apresentam maior precisão na estimação da altura.

Além dos clinômetros e hipsômetros tradicionais, dada a facilidade de acesso a *smartphones* mais sofisticados e com processadores de melhor desempenho, já existem aplicativos que possibilitam estimar a altura de árvores usando o princípio trigonométrico. Grande parte desses aplicativos é de acesso gratuito e de fácil manuseio. No entanto, ainda faltam estudos para avaliar a precisão destes aplicativos, de modo a possibilitar o uso com maior confiabilidade por profissionais da área.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão de diferentes métodos de estimação da altura total das árvores, incluindo instrumentos tradicionais de medição indireta e dois aplicativos de *smartphone,* comparando-as com medidas diretas em árvores abatidas.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em um povoamento de *Eucalyptus urophylla*, com 18 anos de idade, no *campus* de Vitória da Conquista da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Foram selecionadas, aleatoriamente, 30 árvores. A obtenção das medidas de altura foi realizada por meio de instrumentos tradicionais (Clinômetro Haglof e Suunto) e aplicativos

de *smartphone* (Hypsometer e 3D Prumo). Os aplicativos foram instalados em um celular Moto G6 Play. Após a obtenção das medidas das árvores em pé, estas foram abatidas, obtendo-se as medidas diretas por meio de trena, que foram utilizadas como referência.

De posse dos dados, foram identificados os valores máximos e mínimos, e calculadas as médias e medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação). Além disso, aplicou-se o teste t de Student para dados pareados (α = 0,05), com propósito de comparar as estimativas obtidas com valores reais (medição direta).

Também foram calculados o erro médio associado à estimativa ($E\% = \frac{Vr-V}{Vr} * 100$) e o erro padrão da diferença média ($EP\bar{d} = \frac{S}{\sqrt{n}}$), em que: $E\%$ = Erro médio associado; Vr = Valor de referência; V = Valor do instrumento comparado; $EP\bar{d}$ = Erro padrão da diferença média; S = Desvio padrão e; n = número observações.

Resultados e discussão

Com base na tabela 1, é possível observar que as alturas reais variaram de 10,2 a 25,0 m. Todos os métodos de estimação testados propiciaram maiores amplitudes e médias que a medição direta. Ou seja, os métodos de estimação apresentam superestimação da altura. Em concordância com este resultado, observou-se que os métodos de estimação apresentaram maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação que a medição direta.

Tabela 1. Estatística descritiva e comparação de médias de altura por diferentes métodos

INSTRUMENTO	MÍN	MÁX	MÉDIA	S	CV
Trena	10,15	25,04	17,70	4,58	25,87
Clinômetro Haglof	10,50	29,10	18,68	5,62	30,06
Suunto	9,50	28,25	18,52	5,62	30,36
Hypsometer	8,90	29,00	18,25	5,96	32,67
3D Prumo	9,20	28,78	17,82	5,68	31,89

Em que: S = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação;

O teste t indicou valores significativos para os instrumentos tradicionais (tabela 2). Os aplicativos testados (Hypsometer e 3D Prumo) não apresentaram diferença significativa, em relação aos valores reais, resultando em erros médios associados de -3,11% e -0,68%, respectivamente. Isso demonstra que os aplicativos forneceram estimativas precisas de altura, enquanto que o Clinômetro Haglof e o Suunto, mesmos sendo os aparelhos tradicionalmente utilizados pelas equipes de inventário, geraram estimativas que se distanciaram dos valores reais. Apesar disso, o Clinômetro Haglof e o Suunto apresentaram os menores valores de erro padrão da diferença média (0,3137 e 0,3014, nesta ordem).

Resultados semelhantes foram encontrados por Harfouche et al. (2019), que não encontraram diferenças significativas dos aplicativos Hypsometer e 3D Prumo em relação à testemunha, com erros associados de 3,3 e 5,3%, respectivamente. Jesus et al. (2012) não encontraram diferença significativa entre o Suunto e a altura real.

Tabela 2. Análise de teste t de Student a 5% de probabilidade e erros referentes a valores de altura por diferentes métodos

INSTRUMENTO	P	$EP\bar{d}$	E%
Trena	-	-	-
Clinômetro Haglof	0,0040*	0,3137	-5,54
Suunto	0,0115*	0,3014	-4,60
Hypsometer	$0,2693^{ns}$	0,4886	-3,11
3D Prumo	$0,8073^{ns}$	0,4902	-0,68

P = nível crítico observado pelo teste t de Student (α = 0,05) em comparação ao valor de referência (altura real); $EP\bar{d}$ = Erro padrão da diferença média; E% = Erro médio associado em percentagem.

Vale destacar que o Suunto e o aplicativo Hypsometer possibilitaram maior praticidade e agilidade na obtenção das alturas. Já o Clinômetro Haglof e o aplicativo 3D Prumo demandaram maior tempo para o enquadramento das árvores. Outra vantagem dos aplicativos, foi não necessitar da extensão da trena. Entretanto, o aplicativo Hypsometer não permite a fixação da altura na tela do *smartphone* quando se visa o topo da árvore e, com isso, o número registrado poderia não coincidir com o da visualização do topo.

Conclusões

Os aplicativos mostram-se mais precisos que os métodos de estimação tradicionais (Clinômetro e Hypsômetro), que promoveram superestimação dos valores reais de altura.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. **Acta amazônica**, v. 36, n. 4, p. 447-464, 2006.

HARFOUCHE, T. B. et al. Uso de aplicativos em *smartphone* para medições de árvores. **BIOFIX Scientific Journal.** v. 4, n. 1, p. 07-15, 2019.

HIGUCHI, N. et al.. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. **Acta amazônica**, v. 12, n. 1, p. 91-103, 1982.

IBÁ - Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ.** São Paulo, SP, 2017. 80 p.

JESUS, C. M. et al. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Enciclopédia Biosfera.** v. 8, p. 291-299, 2012.

SILVA, F. G. et al. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore.** v. 36, n. 2, p. 341-348, 2012.

AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE DIFERENTES INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE DIÂMETRO DE ÁRVORES

Thaís Chaves Almeida[1], Fabiano Rodrigues Pereira[2], Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia[3], Elienildo Martins Alves[2], Julia Carine Gondim Nunes[2]

[1]*Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, thaiialmeida2@gmail.com*

[2]*Graduandos em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*

[3]*Departamento de Engenharia Agrícola e Solos , Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*

Resumo

A forma mais utilizada para se quantificar o estoque de madeira em uma floresta é a realização de um inventário florestal, no qual altura e diâmetro são as duas variáveis mais utilizadas. Para obtenção de medidas de diâmetro, existem vários instrumentos, como a suta e a fita métrica, por exemplo. Estas permitem mensurar o DAP - "Diâmetro à Altura do Peito" e o CAP - "Circunferência à Altura do Peito", a 1,30 m do solo. Deve-se atentar aos erros mais comuns, como o uso incorreto da metodologia, problemas técnicos com os instrumentos utilizados, tanto no manuseio quanto na construção do equipamento e também com os problemas relacionados ao meio. Os erros influenciam diretamente na precisão ou exatidão da variável medida, especialmente no caso do diâmetro. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão de diferentes instrumentos de medição de diâmetro em um povoamento florestal. Os dados foram coletados em um plantio de eucalipto na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Vitória da Conquista. Após a seleção de 35 árvores ao acaso, foram obtidas medidas de diâmetro com o uso de fita métrica, fita diamétrica e duas sutas. De posse dos dados, calculou-se os valores mínimos, máximos, médios, coeficiente de variação e desvio padrão. Além disso, aplicou-se o teste t de Student ($\alpha = 0,05$) para comparação dos instrumentos. Também foram calculados o erro médio em percentagem e o erro padrão da diferença média. Os resultados mostraram diferentes precisões das fitas, quando comparadas às sutas e, segundo outros estudos, essas diferenças se devem a algumas dificuldades operacionais. Porém, a diferença entre a fita métrica e a suta mostraram divergências em relação a outros trabalhos em que esses instrumentos não divergiram estatisticamente. Portanto, conclui-se que as sutas A e B possuem precisões equivalentes entre si e a fita diamétrica apresenta maior erro associado à medida.

Palavras-chave. Suta. Fita diamétrica. Trena. Dendrometria. Precisão.

Introdução

A mensuração florestal é um importante elemento no manejo florestal, uma vez que fornece informações precisas sobre a floresta, subsidiando a tomada de decisões e o melhor planejamento das atividades florestais (FREITAS E WICHERT, 1998).

A forma mais utilizada para se quantificar o estoque de madeira em uma floresta é a realização de um inventário florestal. As duas variáveis mais utilizadas para a realização do inventário florestal são a altura e o diâmetro, já que são fundamentais para obtenção da área basal e do volume de madeira existentes em uma floresta, ou seja, são as variáveis responsáveis pela determinação do rendimento do produto final desejado para a floresta.

Para se estimar o volume de madeira de uma árvore em pé, é necessário medir o seu diâmetro e a sua altura. No Brasil, o diâmetro medido a 1,30 m de altura do solo é denominado de "Diâmetro à Altura do Peito" – DAP. Existem vários instrumentos para se medir o DAP, estando entre os mais comuns a suta e as fitas diamétricas e métricas. Nesse último caso mede-se, na verdade, a "Circunferência à Altura do Peito" – CAP (COUTO et al, 1989).

A suta, também chamada de calibre, forcípula ou compasso florestal, é, sem dúvida, o instrumento mais utilizado nos levantamentos dendrométricos. Este instrumento geralmente é construído de metal leve (ligas de alumínio) ou de madeira (bem tratada). Consta de uma régua (barra) graduada e de dois braços paralelos entre si, que ficam posicionados de forma perpendiculares à régua graduada. Já a fita diamétrica é um instrumento recomendado para medir diâmetros de grandes dimensões, graduada em intervalos de π (3,1416), geralmente constituída de tecido reforçado e com comprimentos de 5 m ou 10 m. (CUNHA, 2004).

Segundo Imana Encinas, Silva & Ticchetti (2002), as medidas têm pouco valor se não é conhecido seu grau de aproximação ao valor real ou verdadeiro. Os erros associados às medidas podem ser ocasionados por fatores humanos, metodológicos ou intrínsecos do instrumento, como o uso incorreto de uma metodologia ou o manuseio deficiente do equipamento o desajuste ou defeito na construção dos aparelhos, ou a ainda por fatores do ambiente, que escapam do controle do observador, como a umidade do ar, temperatura, vibração, magnetismo e etc.

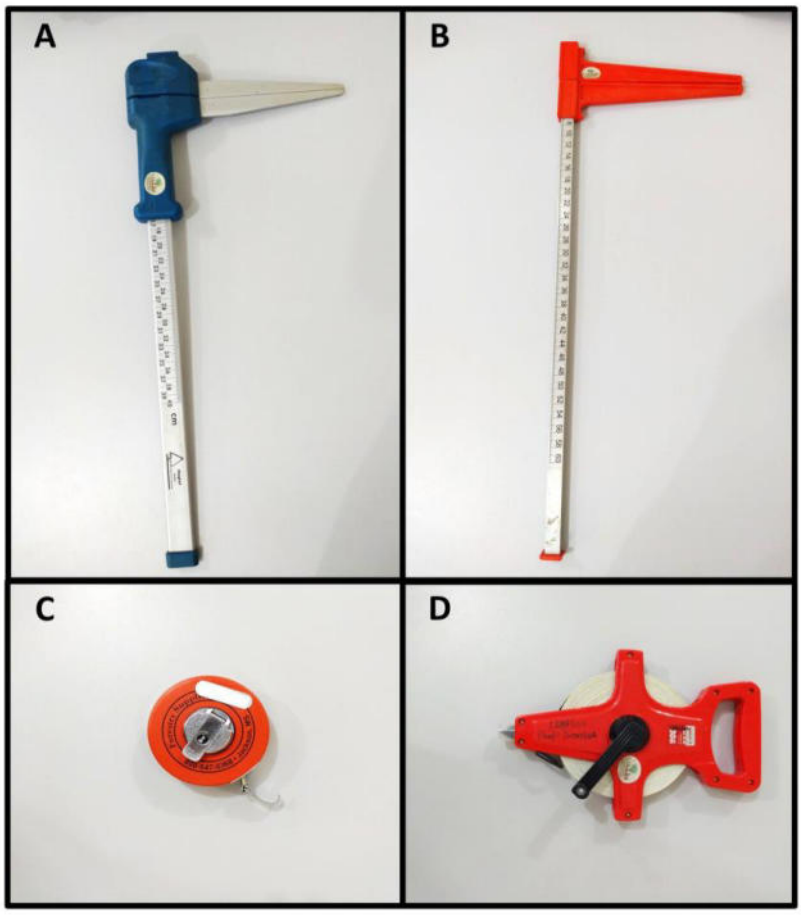
Apesar de diâmetro e altura estarem sujeitas a erros, tanto do instrumento como na operação de medição, os erros cometidos na medição do diâmetro podem acarretar em falhas mais graves de estimação que os cometidos na medição da altura. Um erro de 1 cm na determinação do diâmetro corresponde a um máximo de 19% no cálculo do volume; e um erro de 1 m na medição da altura, a 14% deste mesmo volume (COUTO et al, 1988). Por tais razões, torna-se fundamental avaliar a precisão dos instrumentos de medição de diâmetro utilizados, de forma a assegurar a obtenção de medidas consistentes deste variável. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a precisão de diferentes instrumentos de medição de diâmetro em um povoamento de eucalipto.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na área Experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista, em um plantio de *Eucalyptus urophylla*, com cerca de 10 anos de idade, altura e diâmetro médio de 16,8 m e 9,5 cm, respectivamente. Foram

selecionadas 35 árvores ao acaso e, posteriormente, foram obtidas as medidas de diâmetro à altura do peito (DAP) por meio de quatro instrumentos (figura 1).

Figura 1. Instrumentos de medição de diâmetro de árvores. A – Suta A (Mantax), B – Suta B (Tecmater), C – fita diamétrica, D – fita métrica



Fonte: Autor, 2019.

De posse dos dados, avaliou-se a precisão dos instrumentos, tendo como referência a suta A, por ser a mais difundida no setor florestal brasileiro. Para esta avaliação, foram calculados os valores máximos, mínimos e médios, além das medidas de dispersão, desvio padrão e coeficiente de variação. Para avaliar a eficiência de cada instrumento, os dados de diâmetros foram comparados pelo teste t de Student para dados pareados ($\alpha = 0{,}05$). Com o mesmo objetivo, também foi calculado o erro médio associado à medida em percentagem (1) e o erro padrão da diferença média (2).

$$E\% = \frac{Vr - V}{Vr} * 100 \qquad (1)$$

E% = Erro médio associado; Vr = Valor de referência; V = Valor do instrumento comparado.

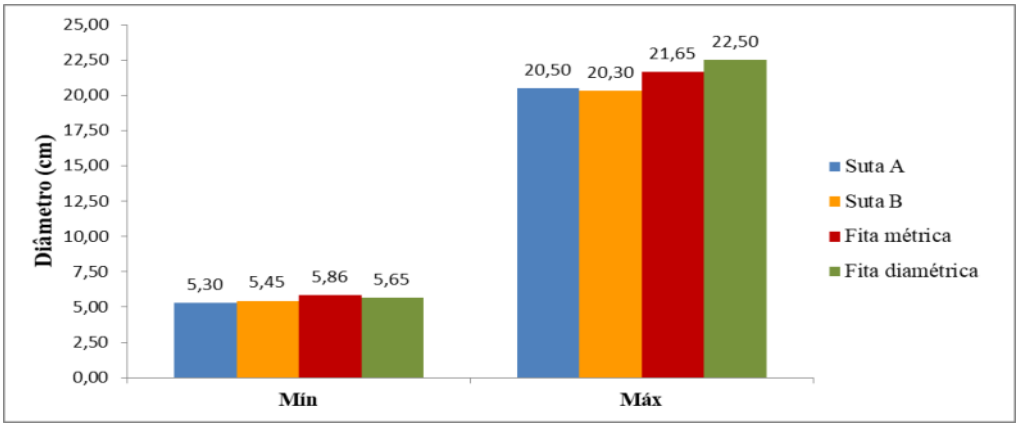
$$EP\bar{d} = \frac{S}{\sqrt{n}} \qquad (2)$$

$EP\bar{d}$ = Erro padrão da diferença média; S = Desvio padrão; n = número observações.

Resultados e discussão

Com base nos valores máximos e mínimos de diâmetro de cada instrumento, foi possível observar uma maior amplitude de variação para a fita diamétrica, como mostra a Figura 2. Em consonância com esta informação, a fita diamétrica apresentou o maior coeficiente de variação (CV), enquanto a fita métrica apresentou o menor valor de CV (24,49%). Os valores mínimos estiveram entre 5,3 cm (Suta A) a 5,9 cm (Fita métrica) e os valores máximos variaram de 20,3 cm (Suta B) a 22,5 cm (Fita diamétrica), como mostra a figura 1.

Figura 2. Valores de diâmetros mínimos e máximos obtidos por diferentes instrumentos



O teste t, utilizado para comparação dos três instrumentos (suta B, fita métrica e fita diamétrica) em relação à suta A, indicou valores significativos apenas para as fitas. A suta B não diferiu significativamente da suta A, apresentando erro padrão da diferença média igual 0,0485 e erro médio associado igual 0,0653%. Ou seja, estatisticamente, apenas a suta B apresenta eficiência equivalente à suta A.

Em concordância com estes resultados, Gonçalves et al. (2009) relata que as fitas costumam apresentar menor precisão em relação às sutas devido a dificuldades operacionais, como a impossibilidade de medição de mais de um diâmetro em uma determinada altura. De acordo com os mesmos autores, isso torna os déficits de convexidade e isoperimétrico mais significativos, provocando a superestimação da área seccional em secções circulares de fuste.

Tabela 1. Estatística descritiva e comparação de médias de diâmetro por diferentes métodos

INSTRUMENTO	MÉDIA	S	CV%	*p* -valor	EP$\bar{d}$	E%
	Diâmetro (cm)					
Suta A	13,13	3,25	24,77	-	-	-
Suta B	13,12	3,26	24,89	0,8607	0,0485	0,07
Fita métrica	13,66	3,34	24,49	$6x10^{-13}$	0,0472	-4,03
Fita diamétrica	13,68	3,45	25,25	$1x10^{-8}$	0,0736	-4,21

Em que: S = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; P = nível crítico observado pelo teste t de Student ($\alpha = 0,05$) em comparação ao valor de referência (diâmetro obtido pela suta A); EP$\bar{d}$ = Erro padrão da diferença média; E% = Erro médio associado em percentagem.

A fita diamétrica, que assim como a fita métrica diferiu da referência, apresentou os maiores valores de desvio padrão (3,45), erro padrão da diferença média (0,0736) e erro médio associado à medida (-4,21%). No entanto, resultado contrário foi observado por Freitas e Wichert (1998), que não encontraram diferença entre a fita métrica e a suta.

Segundo Alder e Synnott (1992), os métodos diretos (fitas e sutas) de medição de diâmetro são mais precisos que os métodos indiretos (instrumentos óticos). Todavia, os resultados obtidos neste estudo demonstraram que, embora fita e suta constituam métodos diretos de medição, também, apresentam diferenças de precisão entre si.

Conclusões

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que as sutas A e B possuem precisões equivalentes entre si, as fitas provocam superestimação das áreas seccionais e a fita diamétrica apresenta maior erro associado à medida.

Referências Bibliográficas

ALDER, D.; SYNNOT, T. J. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. **Tropical Forestry Papers.** n. 25, 124 p. 1992.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Erros de medição de altura em povoamentos de *Eucalyptus* em região plana. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais.** n.39, p.21-31. 1988.

COUTO, H. T. Z.; BATISTA, J. L. F.; RODRIGUES, L. C. E. Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas. **Documentos florestais**. v. 5, p. 1-37, 1989.

CUNHA, U. S. **Dendrometria e Inventário Florestal.** Série Técnica adaptada. Escola Federal de Manaus. Manaus, p. 37-47, 2004.

FREITAS, A. G.; WICHERT, M. C. P. Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais.** n. 188. 1998.

GONÇALVES, D. A.; ELDIK, T. V.; POKORNY, B. O uso de dendrômetro a laser em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia. **Revista Floresta.** v. 39, n. 1, 2009.

IMAÑA ENCINAS, J.; SILVA, G. F.; TICCHETTI, I. Variáveis dentrométricas. **Comunicações Técnicas Florestais.** v. 4, n. 1, 2002.

CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DE ÁRVORES DE DESBASTE DE CEDRO AUSTRALIANO (*Toona ciliata*) - CLONE BV 1151 - PARA BIOENERGIA

João Marcos Rebessi de Sousa[1]; Ronaldo de Arruda Junior[2]; Welks Soares da Silva[3]; Humberto de Jesus Eufrade-Junior[4]; Saulo Philipe Sebastião Guerra[5]

[1] *Graduando em Engenharia Florestal - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil1, joaomrds@outlook.com*

[2] *Graduando em Engenharia Florestal - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP*

[3] *Graduando em Engenharia Florestal - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP*

[4] *Pós-Doutorando em Agronomia – Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP*

[5] *Professor no Depto. Economia, Sociologia e Tecnologia – FCA/UNESP e Coordenador do LABB (Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia – IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia)*

Resumo

No Brasil, os plantios de cedro australiano vêm sendo conduzidos por meio de desbastes seletivos para a obtenção de matéria-prima com alto valor agregado. A biomassa proveniente destes desbastes poderia ser destinada para propósitos energéticos, embora ainda faltam informações básicas para mensuração da mesma. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a determinação das características quantitativas das árvores, bem como o ajuste de modelos hipsométricos para o clone BV 1151 de cedro australiano (*Toona ciliata*). A área do experimento está localizada na fazenda Lageado, na cidade de Botucatu, no estado de São Paulo. Foram testados modelos de equações linearizadas convencionalmente reportados na literatura florestal. O desenvolvimento dos modelos hipsométricos foi realizado pela análise de regressão por meio do método dos mínimos quadrados ordinários. O modelo de Näslund foi o que melhor correlacionou a altura total e o diâmetro (coeficiente de determinação ajustado de 89,27 % e erro padrão da estimativa de 7,60%), portanto foi aquele que obteve o melhor desempenho para estimação da altura total. O levantamento das variáveis quantitativas foi o primeiro passo para a predição de biomassa em futuros trabalhos com a espécie.

Palavras-chave. Dendrometria, Modelo hipsométrico, Desbaste, Bioenergia.

Introdução

A demanda por produtos madeireiros nobres, associado à diminuição da exploração das florestas nativas, fez aumentar o cultivo de espécies florestais exóticas. Com isso, plantios de cedro australiano (*Toona ciliata*) vem crescendo no país (PINHEIRO et al., 2011; EMBRAPA, 2015). A madeira da espécie estudada se assemelha em qualidade ao cedro brasileiro (*Cedrela*

fissilis) e tem grande potencialidade no mercado de madeiras de alto valor agregado (LORENZI et al., 2003).

Uma das vantagens da *T. ciliata* é seu rápido crescimento se comparado as espécies nativas (RIBEIRO et al., 2017; ZIECH, 2008). O incremento médio anual (IMA) dos plantios de *Toona ciliata* pode chegar a 30 m^3 ha^{-1} ano^{-1} dependendo das condições de implantação, solo, clima, precipitação e tratos culturais adequados (VILELA, STEHLING, 2015). Destaque para o material clonal - BV 1151 – que faz parte de uma linha de clones de elevada produtividade intitulada como BV 1000. O clone BV 1151 (usado neste estudo) possui resistência a pragas e doenças, grande crescimento em diâmetro e altura e elevada capacidade de adaptação a diferentes regiões bioclimáticas (BELA VISTA FLORESTAL, 2015).

No manejo das florestas de cedro australiano a idade ideal de corte é aos 15 anos (VILELA; STEHLING, 2015; BELA VISTA FLORESTAL, 2015) e ao longo desse tempo, são realizados desbastes seletivos por baixo (retirada de árvores dominadas ou tortuosas). Essas árvores desbastadas podem ser utilizadas como biomassa para fins energéticos, como a lenha.

Para estimativa da biomassa de plantio florestais é necessário a determinação do diâmetro e altura das árvores. Segundo Soares (2012), o uso de equações que expressem corretamente a relação entre altura e DAP são importantes para a realização de inventários florestais. Ainda, a obtenção de altura em povoamentos florestais é um processo de difícil realização, demorado e complexo em comparação com a obtenção do DAP. A obtenção da altura é importante para determinação da biomassa das árvores. Ainda faltam informações básicas na literatura, como a relação altura e diâmetro (relação hipsométrica) para o cedro australiano plantado no Brasil.

Para o ajuste de equações hipsométricas, geralmente utiliza-se o método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) que são aplicados com maior facilidade em modelos lineares. Após a realização do ajuste, diversos coeficientes podem ser avaliados, além da obtenção de índices de precisão da equação, podendo também ilustrar graficamente os resultados obtidos (SOARES et al. 2012).

Com isso, este trabalho tem por objetivo ajustar e avaliar o comportamento de diferentes modelos hipsométricos para estimar a altura total dos clones de cedro australiano (*Toona ciliata*) aos quatro anos de idade, contribuindo assim na estimativa de biomassa dessa espécie em futuros trabalhos.

Metodologia

A) Local de estudo

O trabalho foi realizado na Fazenda Lageado pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), campus de Botucatu. O povoamento florestal está localizado na longitude 48°25'48.75" W e latitude 22°48'24.20" S a 820 m de altitude. O local tem precipitação média anual de 1501,4 mm e temperatura média anual de 20,3 ºC. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

B) Obtenção das características dendrométricas

Para este estudo foi utilizado o clone BV 1151 fornecido pela empresa Bela Vista Florestal. O mesmo possui quatro anos de idade e foi implantado com espaçamento 3 × 3 m (1111 árvores ha^{-1}).

Inicialmente, foi alocada uma parcela central de 500 m² para coleta da altura total (m) e diâmetro a altura do peito (DAP - cm) de todos os indivíduos. Para isso, foram utilizados o clinômetro eletrônico e a suta, ambos da marca Häglof.

Para desenvolvimento do trabalho foram calculados média, desvio padrão e coeficiente de variância dos principais parâmetros dendrométricos.

Para o ajuste das equações, foram testados modelos apresentados na Tabela 1. A curva de regressão foi ajustada pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

Tabela 1. Modelos de equações hipsométricas.
Onde: H = altura total da árvore (m); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); b_0 = coeficiente do modelo; b_1= coeficiente do modelo; b_2 = coeficiente do modelo; log = logaritmo de base 10; ln = logaritmo neperiano.

N°	Modelo	Autor
1	$\frac{DAP}{\sqrt{H-1,3}} = b_o + b_1 DAP$	Näslund
2	$\frac{DAP^2}{H-1,3} = b_0 + b_1 DAP + b_2 DAP^2$	Prodan
3	$\frac{1}{\sqrt[3]{H-1,3}} = b_0 + b_1 \frac{1}{DAP}$	Petterson
4	$H = b_0 + b_1 \log DAP$	Henriksen
5	$\log H = b_0 + b_1 \frac{1}{DAP}$	Curtis
6	$\ln H = b_0 + b_1 \ln DAP$	Stoffels

Fonte: Soares et al., (2012); Jorge (2013).

Após o ajuste dos modelos hipsométricos, foi possível analisar quais modelos se ajustaram melhor ao povoamento, através da análise gráfica da distribuição dos resíduos em porcentagem, erro padrão de estimativa (S_{yx}%), coeficiente de determinação ajustado (R^2aj%) e por fim o desvio médio percentual (DMP), sendo que para o cálculo de DMP usa- se a Equação 1.

$$DMP = \frac{Ho - He}{Ho} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

DMP = Desvio médio percentual (%);

Ho = Altura total observada (m);

He = Altura total estimada (m).

Como expressões logarítmicas apresentam uma discrepância que geralmente subestimam a altura, estas foram corrigidas pelo índice de Meyer (Equação 2), para que posteriormente seja recalculado o erro padrão de estimativa.

$$IM = e^{0,5(Sxy)^2} \quad (2)$$

Em que:

IM= Índice de Meyer;

e = base dos logaritmos neperianos (constante de Euler);

Syx = quadrado do erro-padrão da estimativa.

Resultados e Discussão

Estão dispostos na Tabela 2 os principais parâmetros dendrométricos obtidos e estes são essenciais para monitorar e entender o comportamento de crescimento da floresta ao longo dos anos.

Tabela 2. Variáveis quantitativas das árvores.
Sendo: H = altura total da árvore (m); DAP = diâmetro à altura do peito (cm); $\bar{g}$ = área transversal média (cm^2); CV (%) = coeficiente de variância em porcentagem.

Parâmetros Dendrométricos	Média	Desvio Padrão	CV (%)
H(m)	7,3	1,23	1,51
DAP (cm)	12,2	3,32	11,03
$\bar{g}$ (cm²)	0,012	0,006	3,13 x 10^{-5}

Fonte: autores

Os coeficientes e os parâmetros estatísticos das equações hipsométricas ajustadas estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Coeficientes das equações hipsométricas testados**.**
Onde: b0, b1, b2 = coeficientes da equação

Modelos	b_0	b_1	b_2
Henriksen	1,659164	5,290057	
Prodan	-5,224654	2,155094	0,030148
Näslund	0,959546	0,327702	
Petterson	0,493623	0,669143	
Curtis	0,954539	-1,041715	

Stoffels	1,057792	0,372574

Fonte: autores

Tabela 4. Estatística das equações hipsométricas testados. Onde: R² aj. = coeficiente de determinação ajustado; Syx = erro padrão de estimativa; DMP = desvio médio percentual.

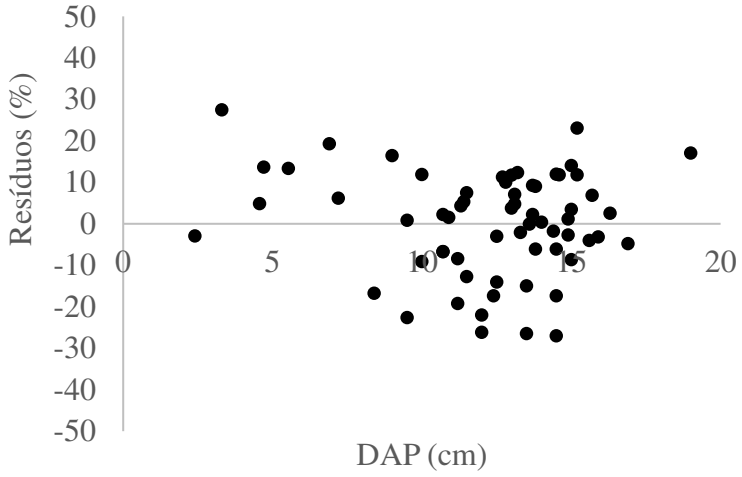
Modelos	R^2 aj.(%)	Syx (%)	DMP (%)
Henriksen	50,08	11,92	9,92
Prodan	84,84	15,08	32,95
Näslund	89,27	7,60	10,06
Petterson	64,38	5,22	9,89
Curtis	56,07	6,29	9,84
Stoffels	57,10	6,21	10,08

Fonte: autores

Considerando que para um modelo apresentar precisão dentro dos limites aceitáveis e um ajuste adequado, deve expressar o erro padrão de estimativa (Syx %) abaixo de 10% e coeficiente de determinação ajustado (R² aj.%) acima de 90% (JORGE, 2013). Por esses motivos, os modelos de Näslund e Prodan foram aqueles que mais se aproximaram do recomendado com R² aj. de 89,27% e 84,84%, respectivamente. Já em relação ao erro padrão de estimativa, o modelo de Prodan apresentou valor acima do recomendado (15,08%) em comparação ao modelo de Näslund. Desta forma, o modelo de Näslund foi o que melhor apresentou precisão e qualidade para o estudo realizado.

A distribuição gráfica dos resíduos de todos os modelos comparados apresentou o mesmo comportamento da Figura 1, não sendo um fator determinante para a escolha do modelo que melhor se ajustou.

Figura 1. Distribuição gráfica dos resíduos do modelo Näslund



Conclusão

O modelo hipsométrico de Näslund obteve o melhor desempenho para a estimativa da altura total das árvores de *Toona ciliata* do clone BV 1151. O modelo pode ser utilizado como base para outros estudos na área que envolvam a determinação da produtividade e biomassa da espécie.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), à Multifloresta, à Bela Vista Florestal e ao Laboratório de Biomassa e Bioenergia (LABB/IPBEN).

Referências Bibliográficas

[1] BELA VISTA FLORESTAL. Disponível em < http://belavistaflorestal.com.br/plus/modulos/conteudo/?tac=350-o-mercado>. Acesso dia 07/12/17

[2] JORGE, L.A.B. Dendrometria. Botucatu: Departamento de Ciência Florestal, FCA – UNESP, 2013. 65p.

[3] LORENZI, H.; SOUZA H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER L. B. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

[4] PAULINO, D. N. et al. Rentabilidade econômica de cedro-australiano em plantios puros e consorciados com café. Embrapa Florestas-Documentos, 2015. Disponível em:< https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br > Acesso em: 10 out. 2017

[5] PINHEIRO, A. L. et al. *Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos* (*Khaya spp*.). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011. 102 p.

[6] RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya spp.*) e o Crescimento da Atividade no Brasil/African Mahogany (*Khaya spp*.). Floresta e ambiente, v. 24, 2017.

[7] SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L.*Dendrometria e inventário florestal*. 2. ed. Viçosa MG: Editora UFV, 2012. 272 p

[8] VILELA, E. S.; STEHLING, E. de C. Recomendações de plantio para cedro-australiano. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 2012.

[10] ZIECH, R. Q. de S. Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do Estado de Minas Gerais. 2008. 91p. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Compactação do solo e sua consequência para o desenvolvimento da soja (*Glycine max L.*)

Amauri Ghellere Garcia Miranda[1], Reginaldo Ferreira Santos[1], Jair Antonio Cruz Siqueira[1], Geovanny Broetto Besinella[1], Daniel Sena Marins[1], Cristiano Fernando Lewandoski[1]

(deixar 1 linha em branco)

[1] *Departamento de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidades Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, Paraná, Brasil. Email: eng.amauri.miranda@gmail.com* (deixar uma linha em branco)

Resumo

Conhecimento técnico e científico são cruciais para que a biomassa ganhe maior representatividade no mercado nacional. Desta forma, o objetivo deste trabalho é embasar a relação entre a compactação do solo e a desenvolvimento da soja. Para tal, ensaios estão sendo conduzidos na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Cascavel. Onde, o solo foi preparado em recipientes circulares com 20 cm de diâmetro, contendo 3 camadas, a primeira com 20 cm, a segunda com 5 cm e a terceira com 10 cm. A segunda camada foi compactada, com 5 relações mássicas e 4 repetições, relações de 1:1, 1:1,1, 1:1,2, 1:1,3 e 1:1,4. Nestes vasos, 5 sementes foram plantas à profundidade de 4 cm (LEITE et al., 2018).Na fase inicial do desenvolvimento da cultura, primeiros 15 dias, fornecimento hídrico diário foi realizado, com volume de 200 ml/dia (EMBRAPA, 2013). No vigésimo dia os vasos foram raleados, deixando com apenas 4 plantas. Análise de características físicas e químicas do solo estão sendo conduzidas à fim de verificar a condições para o desenvolvimento da planta em situações normais e orientadas ao agricultor (PARANÁ -BRASIL, 2018). No término do período do experimento, 30 dias, as plantas serão colhidas e análises de germinação, área folhar, tamanho e penetração da raiz serão conduzidas. Desta forma, a variação entre o desenvolvimento de uma mesma cultura poderá ser avaliada quando plantada em diferentes níveis de compactação do solo.

Palavras-chave. Desenvolvimento energético, culturas energéticas, oleaginosas, lacto solo.

Referências Bibliográficas

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014. Sistemas de Produção - EMBRAPA, p. 2016, 2013.

LEITE, D. et al. Soja (Glycine max (L.) Merril). In: EDUNIOESTE (Ed.). . Culturas energéticas. 1. ed. Cascavel: [s.n.]. p. 217.

PARANÁ -BRASIL, C. IMPLICAÇÕES DE PLANTAS DE COBERTURA E DE DOSES DE NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA. [s.l.] Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2018.

O PICO DE PRODUÇÃO DE ETANOL: UMA ABORDAGEM BASEADA NO MODELO DE HUBBERT

Cabral, G. R[1], Tadaiesky, M. G[2,2], Ribeiro, R. C. M.[3,2]

[1]*Engenheiro ambiental e de energias renováveis, Belém, Pará, Brasil, email: ruan100_cabral@hotmail.com*

[2]*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

Resumo

Durante o último século o ser humano tem desenvolvido sua sociedade baseada quase que exclusivamente em combustíveis fósseis. Desde a primeira perfuração do primeiro poço de petróleo nos EUA por Drake, o mundo tem explorado as maiores reservas do mundo a um ritmo arrasador. Em 1956, Mr. King Hubbert previu que naquele ritmo a produção do combustível alcançaria um nível sem volta. A partir do qual petróleo barato seria um sonho. Desde seu tempo, seu modelo tem sido empregado em inúmeros estudos em diversos países para prever o pico de produção. No estudo aqui apresentado, aplicamos a metodologia presente no estado da arte à produção nacional de etanol combustível e estimamos diferentes curvas de Hubbert Para cenários bastante otimistas. Nossas evidências mostraram que a produção de etanol no país chegará a um pico de produção, na melhor das hipóteses, em 2056 com uma taxa de produção anual girando em torno de 36 Mtep.

Palavras-chave. Modelo de Hubbert. Produção de etanol. Sustentabilidade.

Introdução

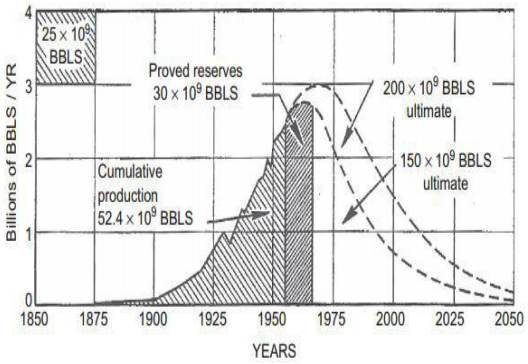
De acordo com o Departamento de Energia dos EUA, a teoria pico do petróleo afirma que a taxa de produção mundial atingirá uma taxa máxima e depois entrará no declínio do terminal. Este conceito baseia-se nas taxas de produção observada dos poços de petróleo individuais e na taxa de produção combinada de campos ou poços de petróleo relacionados. Essa perspectiva não indica o fim do petróleo numa escala global, mas sinaliza o término do petróleo abundante e barato, do qual dependem todas as nações industriais (SPELLMAN, 2016). A teoria do pico de petróleo, também conhecida como a teoria do pico de Hubbert, diz respeito à taxa de longo prazo de extração e depleção de petróleo convencional bem como outros combustíveis fósseis.

A ideia de uma "Teoria do Pico Petróleo" surgiu de um artigo de 1956 publicado por Marion King Hubbert. Em 1943, ele ingressou na Shell Oil Company, trabalhando na Shell Research Lab em Houston. Mesmo antes de se juntar à Shell, ele teve um interesse crescente nos limites finitos para a produção nacional e mundial de petróleo. Hubbert examinou os dados por muitos anos antes de publicar seu trabalho em 1956, no qual ele propunha que qualquer

recurso finito como petróleo, gás natural, carvão ou urânio, segue uma curva em forma de sino em sua história de produção. Em algum ponto, atinge um pico e começa a diminuir.

A Figura 1 mostra a previsão de Hubbert para o pico de produção de petróleo nos EUA usando duas estimativas. Uma de 150 bilhões de barris e outra de 200 bilhões de barris. Usando seu modelo, ele conseguiu prevê o pico de petróleo para o ano de 1970, o que deu muita relevância a sua análise que acabou sendo chamada de "teoria do pico de petróleo". Mesmo com tamanha precisão, as taxas de produção de petróleo nos estados unidos tiveram altas por duas vezes seguidas graças às descobertas de reservas em águas ultra profundas e em bacias do norte de Dakota (TOWLER, 2014).

Figura 1 – Gráfico de previsão original de Hubbert para o pico de produção americana.



Fonte: Hubbert, 1956.

As abordagens modernas consideram, no entanto, prováveis reservas adicionais a fim de obter uma estimativa mais segura nas previsões (um dos motivos do porquê Hubbert não foi capaz de prever o pico da produção mundial no ano 2000 foi à incapacidade de seu modelo incorporar avanços tecnológicos que por sua vez permitiram que novos campos pudessem ser explorados).

Materiais e métodos

Os dados utilizados neste trabalho foram compilados do Ministério de minas e energia (MME), Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis (ANP). O período compreendido entre 1970 e 2016. Como o objetivo é estimar os picos de produção em uma base comum, optou-se por converter os valores dos dados de m³ para Tep (Tonelada equivalente de petróleo).

Tabela 1. Dados da produção nacional de etanol (anidro e hidratado) em unidades de Tep.

Anos	P (Mtep)	Anos	P (Mtep)	Anos	P (Mtep)
1970	0,304	1987	5,974	2004	6,752
1971	0,292	1988	6,298	2005	7,110
1972	0,359	1989	6,820	2006	6,829
1973	0,299	1990	6,294	2007	8,781
1974	0,281	1991	6,394	2008	11,590

1975	0,270	1992	6,254	2009	12,336
1976	0,248	1993	6,601	2010	12,402
1977	0,533	1994	7,079	2011	11,038
1978	0,953	1995	7,372	2012	10,291
1979	1,308	1996	7,602	2013	12,279
1980	1,609	1997	7,287	2014	13,280
1981	1,498	1998	7,230	2015	15,598
1982	2,077	1999	7,234	2016	14,006
1983	3,000	2000	6,292		
1984	3,732	2001	5,884		
1985	4,582	2002	6,358		
1986	5,892	2003	6,051		

O fator de conversão está contido nas planilhas que contém o banco de dados. Isto se mostra útil, pois nos dá a dimensão do quanto de petróleo equivalente seria deixado de ser explorado através do uso intensivo do biocombustível. Os dados usados na modelagem encontram-se na Tabela da Figura 1.

O modelo de Hubbert aqui usado difere do modelo original do artigo de 1956, mas baseia-se na seguinte equação equivalente proposta por Szklo et. al., (2007):

$$P = \frac{2P_m}{1 + \cosh[b(t - t_m)]}$$

P é a produção no tempo t, P_m é a produção máxima, t_m é o ano no qual ocorre o pico de produção. O parâmetro b é quem governa a forma da curva de pico. O parâmetro b é um dos mais importantes na estimativa e depende fortemente da estipulação correta das reservas a serem adotadas na modelagem. Inicialmente, estimamos o parâmetro de forma (b) de forma conjunta à P_m e t_m. Uma vez calculado, usamos a seguinte equação que fornece as últimas reservas recuperáveis para a produção de etanol (MAGGIO & CACCIOLA, 2012):

$$U = \frac{4P_m}{b}$$

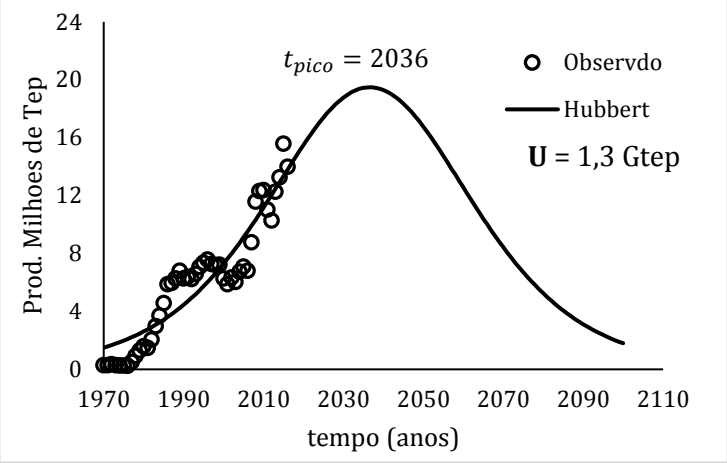
Uma vez estimado os parâmetros globais para os dados presentes, fizemos extrapolações para quatro cenários com reservas totais recuperáveis $U1$, $U2$, $U3$, $U4$. Assim, cada novo parâmetro b podia ser estimado uma vez que, usando o valor de P_m e t_m da primeira regressão, seus novos valores podem ser estimados de forma recursiva até o cenário 4. As reservas usadas foram as seguintes: 1320, 1820, 2320 e 2820 Mtep.

Resultados e discussão

O gráfico da Figura 2 mostra o ajuste do modelo, bem como a variável t_{pico} para o primeiro cenário geral. Nota-se que, caso as taxas de produção se mantenham no mesmo ritmo sem a incorporação de novas reservas (pela ampliação de terras para o plantio, por exemplo), a produção nacional de etanol encontrará seu pico de produção no ano de 2036. A produção de pico será de aproximadamente 20 Mtep. Conforme observado na Tabela 2, após o pico de

produção, a taxa de queda será governada pelo parâmetro b. Observa-se o coeficiente de correlação foi de 0,864.

Figura 2 – Gráfica de ajuste do modelo de Hubbert aos dados da produção nacional de etanol no Brasil.



Fonte: Autores.

Tabela 2. Resultados da regressão não linear e parâmetros estimados.

Parâmetros		
P_{m_1}	19.485	Tep/ano
t_{m_1}	2036	ano
U	1,3	Gtep[1]
b	0.058	
R^2	0.864	

Fonte: Autores.

A Tabela 3 fornece os principais parâmetros dos modelos de Hubbert correspondentes a cada cenário com prováveis reservas recuperáveis. É importante observar que, com o aumento do volume das reservas haverá um crescente deslocamento o pico de produção. Ademais, percebe-se que junto a um incremento de 500 Mtep do cenário 1 para o 2, o período do pico de produção se desloca 9 anos à frente (2045).

Do cenário 2 para o 3, temos um deslocamento em t_m de 6 anos (2051). E do cenário 3 para o 4 temos um deslocamento de 5 anos (2056). Para mais, destaca-se que, por meio de incrementos constantes de 500 Mtep em U, os deslocamentos nos tempos de pico de produção ficam cada vez mais estreitos.

A Figura 3 apresenta as curvas de Hubbert para os quatro cenários estudados. As áreas abaixo das curvas são as reservas totais exploradas.

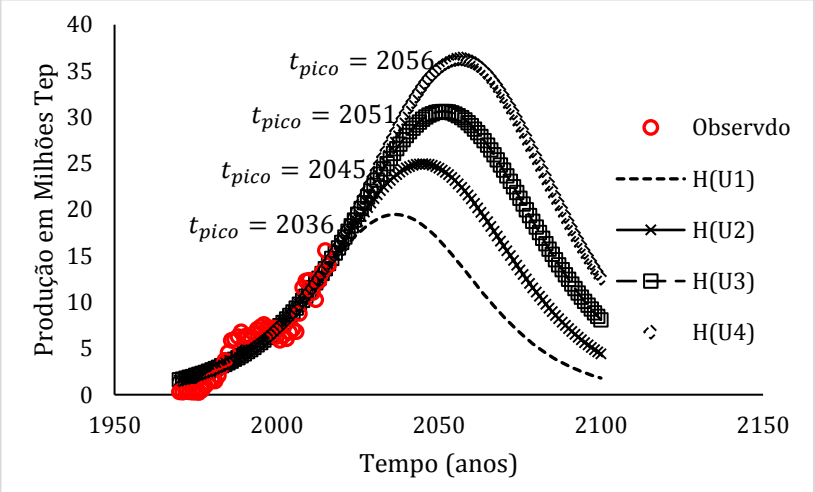
[1]Valor em giga toneladas equivalentes de petróleo (10^9 Tep).

Tabela 3. Parâmetros estimados para os diversos cenários de reservas recuperáveis.

Reservas consideradas		Parâmetros[2] de Hubbert estimados					
U_1	1320	b_1	0.059	t_{m_1}	2037	P_{m_1}	19.486
U_2	1820	b_2	0.055	t_{m_2}	2045	P_{m_2}	24.976
U_3	2320	b_3	0.053	t_{m_3}	2051	P_{m_3}	30.632
U_4	2820	b_4	0.052	t_{m_4}	2056	P_{m_4}	36.328

Fonte: Autores.

Figura 3 – Gráfico de ajustes dos modelos de Hubbert para os quatro cenários estudados.



Fonte: Autores.

Cabe aqui mencionar que, diferentemente da abordagem feita do método de Hubbert à aplicação sobre dados de combustíveis fósseis, os resultados apresentados neste estudo devem ser vistos com cautela, uma vez que o combustível ao qual o modelo está sendo empregado é renovável, ou seja, não podemos supor que um dia, de fato, haverá um pico de produção para o qual não haverá mais reservas a serem descobertas. Para isso, é válido destacar que uma abordagem nesta mesma direção tem sido empregada pelos chamados modelos de Múltiplos ciclos de Hubbert.

Essa questão pode ser entendida, por exemplo, em função da área disponível para a expansão dos canaviais, bem como do avanço da tecnologia no setor sucroalcooleiro, avanços que, possibilitem este setor incorporar áreas degradadas pelo uso extensivo e pouco produtivo da pecuária no país, causando um deslocamento ainda mais evidente da curva de Hubbert para a produção de etanol.

[2] Os parâmetros t_{m_i}, P_{m_i} e U são respectivamente o ano para o qual o pico de produção máxima ocorre, o pico de produção máxima e as reservas recuperáveis consideradas em cada cenário i.

Conclusão

Neste trabalho, foi aplicado o chamado modelo de Hubbert à produção nacional de etanol derivando-se os possíveis picos de produção bem como os seus períodos de ocorrência. Os resultados obtidos expõem que o período de pico da produção tende a sofrer deslocamentos, ainda que de forma atenuada, devido a ampliação do volume das reservas.

Ademais, quanto ao cenário atual da produção de etanol no Brasil pode-se concluir que, ou melhoram-se as práticas produtivas por hectare, ou expandem-se as terras disponíveis para o avanço dos canaviais no país, visto que somente isto proporcionará à indústria do álcool o deslocamento da sua curva de produção, a fim de responder positivamente as grandes demandas do mercado interno e externo que virão posteriormente. Diante disso, conclui-se que, como de qualquer combustível, a produção de etanol deve enfrentar os seus trade-Offs da maneira mais otimizada possível, em virtude da pretensão do desenvolvimento de um mercado pleno e sustentável ao longo do tempo.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais ao Dr. G. Maggio por, de forma paciente e proativa, responder aos e-mails sobre questionamentos acerca da estimativa do modelo Hubbert.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2000). Anuário Estatístico da Indústria Brasileira do Petróleo 1990 – 1999. Rio de Janeiro: ANP.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: Rio de Janeiro, ANP.

Ministério de Minas e Energia (2016). Balanço energético nacional. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx. Acessado em 08/02/2019.

HUBBERT, M. K (1956). Nuclear energy and the fossil fuels. In: American Petroleum Institute, Drilling and Production Practices, Proceedings of Spring Meeting.

TOWLER, B. F (2014). The future of energy. ELSEVIER. 1st edition.

SPELLMAN, F. R (2016). The Science of Renewable Energy. CRC Press, 1ed.

MAGGIO, G; CACCIOLA, G (2012). When will oil, natural gas and coal peak?. Fuel, n.98, p111-123.

SZKLO, A; MACHADO, G; SCHAEFFER, R (2007). Future oil production in Brazil: estimates based on Hubbert model. Energy Policy, n.35, p.2360-2367.

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA DIGESTOR ANAERÓBIO EM BATELADA, INTEGRADO AOS 3 NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO: SENSORES ATUADORES, CONTROLADORES E SUPERVISÃO

Brenno Vinicius de Medeiros Lima[1]; Astrid Lorena Torres Albarracin[2]; Sayuri Higo Daniel[3]; Lucas Monteiro Galotti de Souza[4]; Bruna de Souza Moraes[5]

Universidade Estadual de Campinas - Campinas- SP
brenno.ufersa@hotmail.com

Resumo

Dentre as problemáticas ambientais encontradas na indústria do etanol, se destaca o descarte da vinhaça, corrente residual da destilação do álcool da cana-de-açúcar. Uma das alternativas para o tratamento deste efluente é a digestão anaeróbia (DA). Diante do número de parâmetros a serem controlados, cada vez mais se faz necessária a incorporação de sistemas automatizados para maximização da eficiência de produção do biogás. Neste contexto foi realizado um estudo de caso em um digestor anaeróbio em batelada hipotético, integrando os três níveis de automação: sensores atuadores, controlador e supervisão, controlando parâmetros: temperatura, potencial hidrogenionico, pressão, vazão de alimentação de vinhaça, inoculo e gás inerte. Para realizar a automação foram utilizados os softwares TIA PORTAL 13, ESCADA BR ELIPSE, DRIVER SIEMENS MPROT. Além disso para a parte de hardware: PLC ET200S e HMI SIEMENS SIMATICA. A linguagem de programação utilizada foi LADDER. Os resultados apresentaram que o sistema automatizado é eficiente para controlar desajustes nestes parâmetros, permitindo o controle do digestor em tempo real através da Human-Machine Interface (HMI) e supervisório.

Palavras-chave. Biogás. Digestor anaeróbio. Vinhaça. Automação. PLC.

Introdução

Dentre as problemáticas ambientais encontradas na indústria do etanol, se destaca o descarte da vinhaça, corrente residual da destilação do álcool da cana-de-açúcar, caracterizada por seu grande volume de geração, alto teor de matéria orgânica e acidez, que se destinada e tratada inadequadamente pode ser nociva ao ecossistema. Por conta disso, é necessária a implantação de métodos para reaproveitamento deste tipo de resíduo (CHRISTOFOLETTI et al., 2013).

Atualmente uma das tecnologias aplicadas para tratamento deste efluente, é a DA, que realiza a degradação da fração orgânica do resíduo, por meio de microrganismos anaeróbios, produzindo, principalmente, o biogás e um subproduto com efeitos fertilizantes, o biodigerido (SILVA et al., 2016).

A produção do biogás a partir da vinhaça tem sido amplamente explorada, devido as consideráveis concentrações de metano em sua composição, que se incinerado pode gerar energia térmica, mecânica ou elétrica, contribuindo dessa forma para diversificação da matriz energética limpa, redução do uso de combustíveis fósseis e da quantidade de resíduos dispostos erroneamente (SALOMÃO et al., 2017).

Para alcançar o rendimento ótimo da DA, alguns parâmetros no interior do digestor devem ser controlados. Como o processo é intermediado pela ação de microrganismos, os fatores mais importantes a serem monitorados são o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, pressão e condições anaeróbias, assim como a alimentação de substrato, inóculo e saída de efluentes (BAJPAI, 2017).

Segundo SHUBEITA, 2014 o grande número de parâmetros a serem controlados faz com que seja cada vez mais necessária a incorporação de sistemas automatizados para maximização da eficiência de produção do biogás. Uma alternativa para esta problemática são sistemas baseados em *Programmable Logic Controller* (PLC) softwares de supervisão e controle, instrumentação microprocessada, HMI e outras tecnologias de comunicação em rede, permitindo que a geração, distribuição e medição de gás possam ser realizadas remotamente, i.e, uma gestão energética otimizada (COSTA, 2016).

O monitoramento de biodigestores pode permitir também a recuperação da eficiência do processo quando alguma variável se comportar de maneira inesperada. Com a automação associada à biodigestão será possível abrir e fechar as válvulas que controlam a entrada do inóculo e substrato de acordo com o nível desejado, assim como a administração da temperatura, pressão e alcalinidade (SHUBEITA, 2014).

Levando em consideração a complexidade no controle da operação foi realizado um estudo de caso em um digestor anaeróbio hipotético integrando os três níveis de automação: sensores e atuadores, controlador e supervisão. O controle automático do processo garante uma produção eficiente e ajustes no processo de forma específica, promovendo uma otimização operacional do sistema.

Nesse contexto o trabalho tem por objetivo realizar a automação de um DA em batelada hipotético, integrando os três níveis de automação: sensores atuadores, controlador e supervisão, controlando parâmetros: temperatura, potencial hidrogenionico, pressão, vazão de alimentação da vinhaça, inoculo e gás inerte. Desta forma realizando uma conexão entre PLC, HMI e supervisório.

Material e Métodos

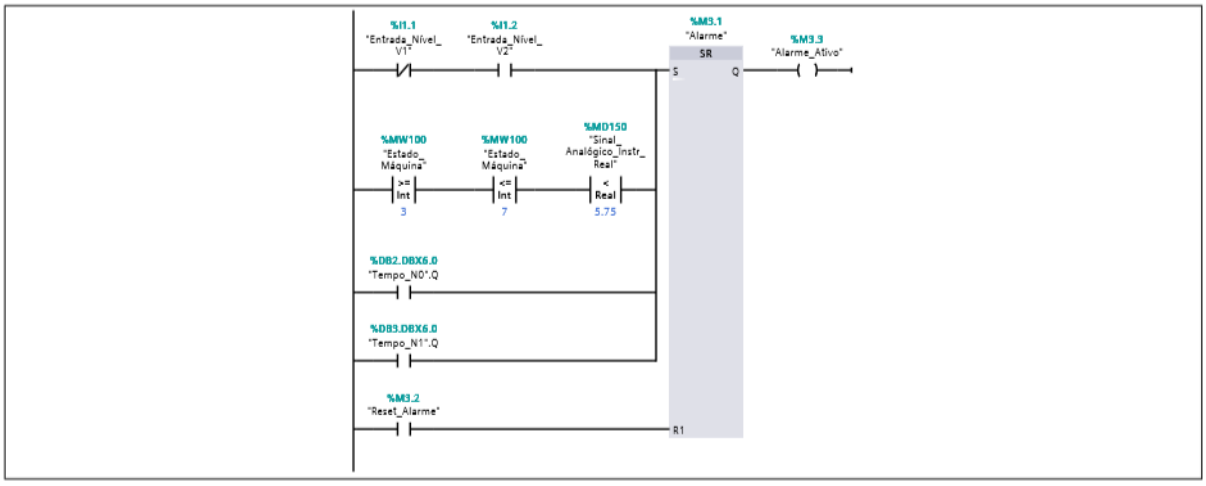
O processo de produção de biogás simulado foi a partir do tratamento de vinhaça, controlando os seguintes parâmetros: alimentação de substrato e inóculo, pH, temperatura, pressão e controle do meio anaeróbio.

Para a realização da simulação foi utilizado recursos disponíveis na Universidade de Campinas – UNICAMP. Onde sendo utilizados os softwares TIA PORTAL 13, ESCADA BR ELIPSE, DRIVER SIEMENS MPROT. Além disso para a parte de hardware foi utilizado o PLC ET200S e HMI SIEMENS SIMATIC. A linguagem de programação utilizada tanto para

a configuração quanto para a programação dos softwares e hardware foi a programação em LADDER. Posteriormente foi utilizado o Driver de comunicação, DRIVER SIEMENS MPROT concluindo a conexão entre o PLC, HMI e o supervisório.

Por meio da programação em LADDER foi possível realizar a simulação e automação do problema proposto no PLC, construindo etapas de definição de variáveis na entrada e saída, estrutura organizacional, aplicação de blocos, utilizando sensores de níveis, pressão, temperatura, pH, além da aplicação de temporizadores e contatos. A Figura 1 representa uma etapa da programação em ladder definindo as variáveis de sensores de nível, sensor atuador analógico para mensurar a variação de pH, válvulas para alimentação de gás inerte e saída da mistura de gases aplicados a temporizadores, além de alarmes.

Figura 1 – Programação em ladder network 1.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

A programação do sistema foi elaborada existindo acionamento inicial, emergência e chaves seletoras para opção automática e manual, alarmes indicando nível vazio e início de operação, como também alertas que podem ocorrer durante a operação, além de acionamento em cada uma das válvulas podendo ser ajustadas pelo operador. Após realizar a programação lógica no PLC, foi necessário realizar a configuração e construção da HMI, com variáveis similares às variáveis da programação lógica do PLC.

A última etapa da automação consiste na construção do supervisório integrando as variáveis de forma simultânea à variável da programação lógica do PLC e HMI. O processo consiste em utilizar a produção de biogás para alimentação em uma caldeira operando com biomassa sólida e biogás. O software da SIEMENS foi utilizado para realizar a integração, sendo estabelecida a comunicação através do DRIVER MPROT.

Resultados e Discussão

O estudo de caso resultou no desenvolvimento de um biodigestor alimentado com o substrato por uma válvula até atingir o sensor de nível, quando a alimentação de vinhaça é interrompida. Com esta interrupção é iniciada, através da válvula, a adição de inóculo, sendo esta adição cessada após atingir outro sensor de nível. Em seguida é acionada uma válvula com hidróxido de sódio (NaOH) para correção do pH da mistura, por meio de um sensor atuador analógico de pH que é desligado quando o valor requerido (7,0) é atingido. Posteriormente à correção do pH é acionada uma válvula, contendo gás inerte que deve escoar por 30 segundos. Após 20 segundos da contagem do gás inerte é acionada uma válvula para saída da mistura de gases durante 10 segundos, sendo que ambas as válvulas encontram-se simultaneamente atuadas neste período e desativadas simultaneamente, promovendo a anaerobiose do meio. Sequencialmente é acionado o sensor de temperatura para garantir que o processo fique entre 50ºC a 55°C, sendo acionado e negativado por sensores atuadores durante o processo. O processo sofre variações de pH durante a DA que será mensurado pelo sensor de pH e corrigido até o meio neutro pela adição de NaOH atuado por uma válvula. Uma válvula localizada na extremidade superior deve ser aberta a cada 5 dias para liberar o biogás produzido, e posteriormente desativada até atingir a pressão pré-estabelecida. O processo leva um período de 30 dias compreendendo a liberação do biogás e do efluente biodigerido pela abertura das válvulas, até atingir o sensor de nível vazio e encerrando a batelada para que seja iniciado um novo ciclo.

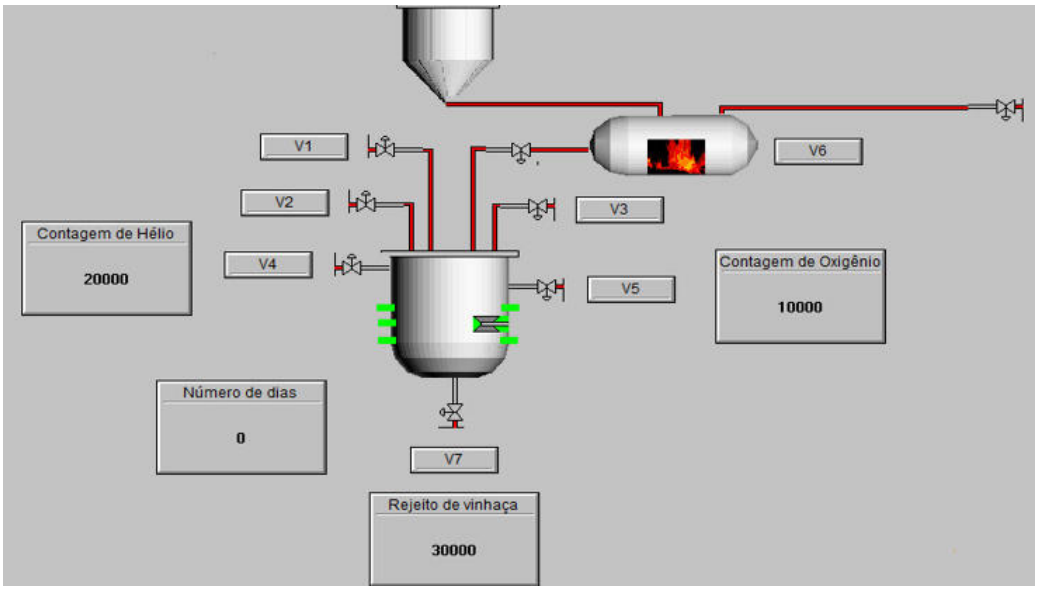
A automação conta com um sistema manual que pode ser realizado ajustes pelo operador, como pular a etapa de inserção de gás inerte, opções de paradas de emergência, acionamento e negação de válvulas, além de alarmes de operação.

. Após as etapas de programação lógica e construção da HMI teve-se como resposta a interface homem máquina representada na Figura 2. Tal interface foi supervisionada por um microcomputador (PC), que compreendia o sistema supervisório (Figura 3).

Figura 2 – Programação Lógica integrada a HMI.

Fonte: Autoria Própria, 2019.

Figura 3 – Sistema Supervisório.



Fonte: Autoria Própria, 2019.

Após realizada a conexão entre PLC, HMI e supervisório foram conectadas chaves, potenciômetros e botoeiras ao PLC nas entradas digitais e analógicas, variando parâmetros como temperatura, pH, alimentação de inóculo e substrato, e diferentes valores de pH, realizando interações com as válvulas e sensores de nível. Durante o ensaio foram definidos

alguns procedimentos para obtenção de resultados da simulação, associando a problemáticas que podem ocorrer em um digestor real, e.g., falhas nos sensores de níveis, variações bruscas de pH e temperatura, falhas na alimentação, alarmes e botoeiras de emergência. Também foram simuladas situações no processo manual, onde o operador aciona ou negativa válvulas. A opção manual é um incremento significativo, pois através dela pode-se optar pelo acionamento ou não da válvula de gás inerte para os demais ciclos em que o meio se encontra anaeróbio.

Toda a interação realizada pelo operador, via touch screen através do HMI. foi repassada para o supervisório em tempo real, onde as alterações eram também informadas no mesmo. Desta forma consegue-se monitorar a automação obtendo êxito na sua execução.

Conclusões

O estudo teve por finalidade desenvolver e acompanhar a automação de um digestor anaeróbio em batelada para produção de biogás, integrando os 3 níveis de automação: sensores atuadores, controladores e supervisão. Por meio da linguagem de programação, os principais parâmetros de controle da DA (pH, temperatura, pressão, vazão de entrada e de saída de gás e fase líquida) foram automatizados com sucesso, mas ainda permitindo interferências de operação manual. As simulações mostraram que o sistema automatizado é eficiente para controlar desajustes nestes parâmetros, permitindo o controle do digestor em tempo real. Tal controle poderia evitar um possível colapso do processo biológico em função do atraso na detecção de problemas a que fica suscetível o sistema com monitoramento manual.

Após realizar a simulação completa do sistema podemos perceber que a automação proposta foi realizada.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo nº2016/16438-3 e pelo Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e Extensão (FAEPEX) processo nº 2131/18.

Referências Bibliográficas

BAJPAI, P. (2017). Process Parameters Affecting An aerobic Digestion.

CHRISTOFOLETTI, C. A. et al. (2016). Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use.

COSTA, C. E OLVIEIRA, T. (2016). Proposta para automação de biodigestores rurais visando maior segurança e eficiência em sua implantação. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia.

SALOMÓN, A. Cruz et al. (2017). Biogas production from a native beverage vinasse using a modified UASB bioreactor.

SHUBEITA, F. et al. (2014). Um estudo sobre monitoramento e controle de biodigestores de pequena escala. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Faculdade de Informática. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SILVA, E. A. et al. (2016). Anaerobic biodigestion of sugarcane vinasse under mesophilic conditions using manure as inoculum.

UM MODELO MATEMÁTICO SIMPLES PARA A FOTOSSÍNTESE

Cabral, G. R[1], Tadaiesky, M. G[2], Ribeiro, R. C. M.[3]

[1]*Engenheiro ambiental e de energias renováveis, Belém, Pará, Brasil, email: ruan100_cabral@hotmail.com*

[2]*Professor Dr. adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

[3]*Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)*

Resumo

A história da vida na terra teve suas raízes fincadas há mais de 4 bilhões de anos atrás com o aparecimento de microrganismos simples. Mas foi a partir do aparecimento dos chamados seres fotossintetizantes que a complexidade da vida pode emergir em toda sua plenitude. Apesar de extremamente ineficiente do ponto de vista energético (cerca de 7% em média), ainda hoje, o ser humano depende crucialmente do processo de fotossíntese desempenhado pelos vegetais para inúmeras demandas que vão desde a alimentação, energia e regulação climática bem como outros inúmeros serviços ambientais. Neste trabalho construímos um modelo matemático baseados princípios básicos para modelar o processo de fotossíntese. Testamos nosso modelo baseados nos dados disponíveis na literatura técnica. Nossos resultados mostram que o modelo se ajusta bem para as faixas de radiação entre 50 a 200 Wm^{-2} onde de fato ocorre um pico na conversão de CO_2 divergindo para valores maiores de radiação eletromagnética.

Palavras-chave. Modelagem matemática. Fotossíntese. Eficiência energética.

Introdução

A natureza usa estratégias únicas e poderosas para a captura de energia solar em um processo bio-físico-químico incrível: Fotossíntese (do grego, foto: luz e síntese: reunindo). Trata-se da reação fotobiológica mais importante da face da terra e ocorrem em plantas, algas e cianobactérias. Todas as criaturas precisam de energia para manter seu metabolismo biológico e permitir a vida. Fototrofia é um processo usado por organismos para prender fótons e armazenar energia como energia química na forma de adenosina trifosfato (ATP), que transporta energia dentro de células (BLANKENSHIP, 2014).

Dada sua importância singular para a manutenção da vida, entender os mecanismos que permitem a conversão de energia eletromagnética em energia química pelos vegetais torna-se um assunto de grande importância para a população humana que depende de forma direta da produtividade primária. A fotossíntese é um processo extremamente complicado que é governado por um grande número de reações em cadeia para que a molécula de glicose seja

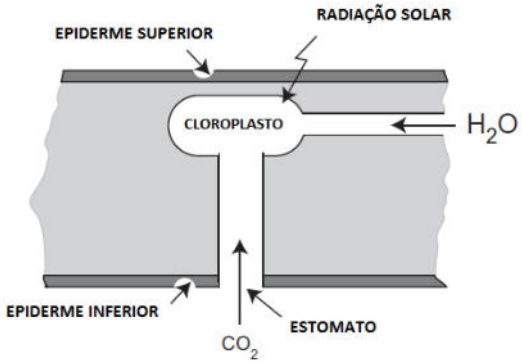
construída. Muito esforço tem sido empregado para modelar tais processos e permitir assim uma compreensão melhor dos princípios que regem este processo biológico.

Neste trabalho, pretendemos desenvolver o modelo mais simples possível para esse mecanismo fazendo suposições um tanto quanto simplistas, e algumas modificações na abordagem feita por Da Rosa (2012). Certo grau de Heurística e empirismo se fez necessário. Desenvolvemos um modelo matemático que permiti-nos estudar a absorção de CO_2 pelo vegetal. Testamos os limites de nosso modelo através de dados compilados da literatura sobre o tema. Conseguimos mostrar que o modelo aqui desenvolvido nos permitiu ajusta-lo aos dados para uma pequena faixa de radiação espectral.

Material e Métodos

Para desenvolver um modelo simples e adequado para o problema, reduzimos a complicada estrutura biológica do cloroplasto em um modelo simplista aberto (de fato, um volume de controle) mostrado na Figura 1. Para funcionar, o volume de controle deve receber fluxo de matéria e energia (CO_2, H_2O e energia solar). A saída é energia química sob a forma de biomassa.

Figura 1 – Modelo de sistema em volume de controle para a estrutura vegetal que realiza a fotossíntese.



Fonte: Modificado de Da Rosa (2012).

Podemos encontrar um modelo simples para a fotossíntese recorrendo ao mecanismo difusivo de $[CO_2]_{atm}$ para dentro e para fora do estômato. A taxa de fixação de CO_2 isto é,

$$\varphi_{fix} \propto ([CO_2]_{atm} - [CO_2]_{clo}) \quad (1)$$

Com base nessa definição, se esta diferença for positiva, ou seja, $[CO_2]_{atm} - [CO_2]_{clo} > 0$, então a concentração de CO_2 na atmosfera é maior que a do cloroplasto então deve haver um fluxo para dentro da planta. Por outro lado, se a diferença for negativa, isto é $[CO_2]_{atm} - [CO_2]_{clo} < 0$, então deve haver mais CO_2 no cloroplasto do que comparado à atmosfera forçando um fluxo para fora do estômato. A proporcionalidade da Eq.1 pode ser convertida em uma identidade acoplando uma constante V conhecida como condutância estomatal que tem unidades de velocidade.

$$\varphi_{fix} = V([CO_2]_{atm} - [CO_2]_{clo}) \quad (2)$$

Por outro lado, no cloroplasto, a mesma taxa de fixação deve ser a princípio, proporcional a taxa de reação r, a intensidade da radiação P e a própria concentração desse gás no cloroplasto. Isto é,

$$\varphi_{fix} = rP[CO_2]_{clo} \quad (3)$$

Removendo $[CO_2]_{clo}$ nas equações (1) e (3) temos,

$$\varphi_{fix} = \frac{rP[CO_2]_{atm}}{1 + (r/V)P} \quad (4)$$

Para baixadas densidades de radiação, isto é, $P \ll V\ /\ r$ (ou $Pr\ /\ V \ll 1$) temos,

$$\varphi_{fix} = rP[CO_2]_{atm} \quad (5)$$

Ou Seja, a taxa de fixação de CO_2 depende da concentração desse gás na atmosfera, da taxa de reação fotossintética, e da radiação solar. Isto nos dá um indicativo de que, na região de baixa intensidade de radiação, a incorporação de CO_2 pela planta deve crescer de forma linear. Podemos usar a Eq.6 para calcular a taxa de reação r,

$$r = \frac{1}{[CO_2]_{atm}} \frac{\varphi_{fix}}{P} \quad (6)$$

Ou seja, plotando os dados de φ_{fix}/P podemos determinar r. Em condições NTP ($T = 298\ K$ e $P = 1\ bar$ ($1{,}0133 * 10^5\ N/m^2$)), a pressão parcial de CO_2 no ar é de 330 ppm ou seja 330 µAtm. O volume específico de ar de 1 kmol de qualquer gás ideal pode ser calculado pela lei do gás perfeito e vale $24{,}4\ m^3/kmol$. Assim, podemos calcular a concentração de CO_2 como sendo $13{,}5 * 10^{-6}\ kmols/m^3$. Então a taxa de reação deve ser $r = 13{,}5 * 10^6\ \varphi_{fix}/P$. Para o cálculo do coeficiente angular φ_{fix}/P extraímos os dados de Ehleringer & Bjorkman (1977) sobre a taxa de absorção de CO_2 como uma função da radiação solar para a espécie Atriplex Rosae (Tabela 2). Podemos determinar a inclinação φ_{fix}/P como sendo $178 * 10^{-12}$ kmols/J. Assim, um valor final de r deve ser $13{,}2 * 10^{-6} m^3/Joule$ e nosso modelo final deve ser,

$$\varphi_{fix} = \frac{(13{,}2 * 10^{-6})P[CO_2]_{atm}}{1 + (13{,}2\text{x}10^{-6}/V)P} \quad (7)$$

Ou seja, a taxa de fixação de CO_2 depende tanto do nível de radiação como da condutância do estômato. Tendo determinado o modelo, e os dados fitodinâmicos a disposição, podemos então testar esta teoria.

Resultados e discussão

Testamos esse modelo para os dados interpolados de Ehleringer e Bjorkman (1977) a fim de medir o grau de ajuste da desta simples teoria. A princípio considerou-se que V seja constante

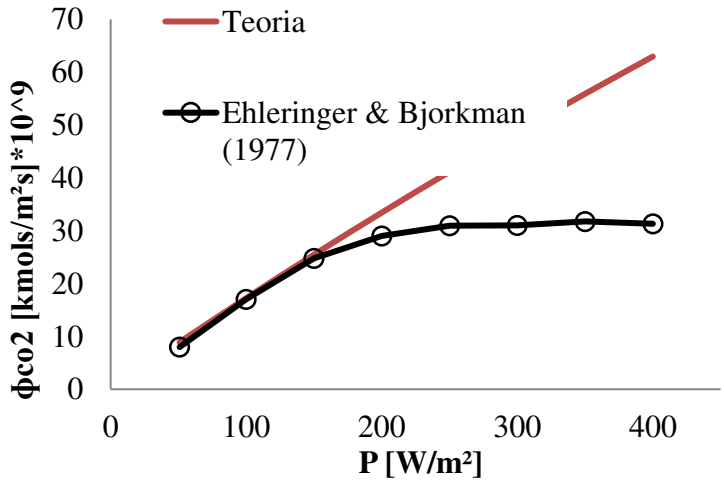
e com valor 0,04 m/s. Em outras palavras, tomamos como pressuposto que a dinâmica do estômato independe de fatores ambientais como a radiação solar, que de todo não é verdade, mas serve como ponto de partida. Os dados da modelagem estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Dados gerais para modelagem do problema.

P(W/m²)	$\phi co2$ (kmol/m²s)	Parâmetros		
50,89	8,918	r	$1{,}3\text{x}10^{-5}$	m³/J
100	17,252	V	0,04	m/s
150	25,470	[CO2]	$1{,}35\text{x}10^{-5}$	kmol/ m³
200	33,433	fator	10^9	_
250	41,151	$\varphi_{CO_2} = rP\dfrac{[CO_2]_{atm}}{1+\left(\frac{r}{V}\right)P}$		
300	48,644			
350	55,912			
400	62,968			

Fonte: Autor. (obs: $\varphi x 10^9$).

Figura 1. Gráfico que retrata o grau de ajuste da teoria aos dados observados.



Fonte: Autores

Como podemos observar do gráfico da Figura 1, o modelo simplista desenvolvido se ajusta bem para a faixa de densidades de potências baixas, como preconiza a Eq.5 muito embora divergindo dos dados quando P cresce muito (a partir de densidades de 200 W.m^{-2}).

Conclusões

Tendo por objetivo estabelecer o modelo matemático mais simples possível para o complexo processo bio-físico-químico que é a fotossíntese, partimos de pressupostos básicos da natureza difusiva dos gases a fim de definir a equação teórica que melhor se ajustasse aos dados da literatura técnica. Nossos resultados mostraram excelente ajuste entre teoria e

experiência mostrando o poder do simples modelo. Obviamente muitos fatores deveriam ter sido incorporados ao modelo a fim de retratar com mais fidelidade tal mecanismos, mas optou-se pela simplicidade (e até certo grau de heurística) em nome do bom senso matemático para alcançar o objetivo proposto.

Outro ponto importante sobre nossos resultados mostra que, uma grande parcela dos seres fotossintetizantes mantém taxas de absorção de CO_2 constantes mesmo que a concentração desse gás esteja aumentando na atmosfera. Isto tem consequências muito sérias para o aquecimento global na medida em que certas linhas de pensamento venham argumentando que uma maior concentração de CO_2 traria benefício para os vegetais e consequentemente muito mais abundâncias de safras o que, como mostrado neste trabalho, não é de todo verdade.

Referências Bibliográficas

BLANKENSHIP, R. B (2014). Molecular Mechanisms of Photosynthesis. Wiley-Blackwell.

Da Rosa, A. V (2012). Fundamentals of Renewable Energy Processes. 3th, Elsevier.

HLERINGER, J. R; BJORKMAN, O (1977). Quantum yields for CO2 uptake in C3 and C4 plants. Plant Physiol. 59, pp. 86–90.

UTILIZAÇÃO DA VARIAÇÃO ESPECTRAL DE LUZ PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL COM VISTA À GERAÇÃO DE ENERGIA

Raquel de Jesus Soares[1], Tarley Almeida Dias Costa[2], Isadora Machado Marques[3], Lourena Cruz[4], Ícaro Thiago Andrade Moreira[5].

[1]Graduanda em Engenharia Química – Universidade Salvador (UNIFACS), Salvador, Bahia, Brasil, raqueljsoares@hotmail.com;
[2]Graduanda em Engenharia Química – Universidade Salvador (UNIFACS);
[3]Mestranda em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – Universidade Federal da Bahia (UFBA);
[4]Mestre em Energia e professora adjunta da Universidade Salvador (UNIFACS);
[5]Doutor em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos – Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e professor adjunto da Universidade Salvador (UNIFACS).

Resumo

Devido às atuais inviabilidades financeiras do cultivo industrial de microalgas, inúmeras pesquisas têm sido feitas a fim de contribuir sistematicamente para o barateamento de custos, sobretudo para a geração de uma grande quantidade de biomassa, utilizando menores espaços e investindo menos em fertilizantes. A fotossíntese realizada por plantas e microalgas, que utilizam a clorofila como principal pigmento, tem sua máxima eficácia na faixa de variação espectral entre azul e vermelho, o que ocorre em baixa taxa no ambiente. Este trabalho, portanto, visa analisar a interferência específica de diferentes espectros de luz (branca e azul) no crescimento de microalgas de espécie dulciaquícola, em meio de cultura enriquecido por meio de um fotobiorreator construído em laboratório controlado. Durante 16 dias, foi controlado o crescimento celular, quantificada a biomassa e a massa de óleo extraído. Ao final da pesquisa, obteve maior crescimento celular na luz branca com $\mu = 0{,}3\ d^{-1}$, porém foi observado que o espectro de luz azul otimizou a produção de óleo em 52,1% em relação ao cultivo exposto à luz branca, confirmando sua influência no metabolismo celular das microalgas e sua importância para a produção de biocombustíveis.

Palavras-chave. Microalgas. Espectros de luz. Luminosidade. Cultivo. Otimização.

Introdução

Apesar de ainda existirem alguns empecilhos para o uso efetivo de microalgas, à exemplo das altas exigências energéticas de seu cultivo, estas são atrativas por servir de matéria-prima para a produção de biocombustível devido ao baixo teor de liguinina, alto teor de lipídios e ácidos graxos. Além de poderem ser cultivadas em terras improdutivas não competindo com alimentos, possibilidade utilização de águas residuais como fonte de nutrientes (nitrogênio e

fósforo) para seu crescimento, fazendo assim um tratamento biológico que mostra, além de tudo, um potencial ambiental agregado à sua produção. As microalgas são, portanto, alternativas biologicamente corretas para contenção de recursos naturais, redução da poluição de mares, rios e córregos, e da dependência de combustíveis fósseis (KADIR, W. N. A. LAM, H. K. UEMURA, Y. LIM, J. W. LEE, K. T., 2018).

Os desafios para melhorar a produção sustentável e a utilização da tecnologia de microalgas incluem, mas não estão limitados, a seleção ótima do tipo de espécie de microalgas em termos de produtividade e composição de biomassa, o que, por sua vez, é significativamente determinado pelas perdas por evaporações e energia do ciclo de vida dos processos de cultivo e extração e pelas diferenças na eficiência fotossintética das mesmas (BRENNAN, OWENDE, 2010).

Com base nas referências apresentadas, acredita-se que uma forma de melhorar a produtividade fotossintética de microalgas pode ser a partir da utilização de uma fonte de luz artificial com exposição espectral seletiva, tal como o diodo emissor de luz (LED). Entre as fontes de luz atuais, estes são pequenos em tamanho, baratos e relativamente eficientes, enquanto geram menor quantidade de calor com alta expectativa de vida útil. Além disso, sua saída espectral é altamente compatível com as necessidades fotossintéticas de microalgas.

Numerosos estudos foram realizados sobre a aplicabilidade dos LEDs no cultivo ideal de microalgas, devido à ineficiência do cultivo de microalgas ao ar livre. Em geral, 48% da luz solar está na faixa de radiação ativa fotossintética, com apenas 16% destes na porção azul. Isto significa que grande parte da energia da luz é desperdiçada ao alcançar as microalgas, o que pode danificar a estrutura celular, causando a morte fotoxidativa das mesmas e aumentar a evaporação nas lagoas (SHAHNAZARI, OWENDE, 2017).

Visto que a clorofila é o pigmento mais importante para as microalgas e este possui colocação verde, a porção mais eficaz da luz para o processo de fotossíntese está entre a faixa espectral oposta à mesma, entre azul e vermelha.

Esse trabalho visa analisar a influência dos espectros de luz azul e branco, utilizando LEDs, no crescimento de microalgas e produção de biomassa em meio de cultura *Bold's Basal Medium* (BBM) com vistas à produção de biocombustíveis.

Materiais e Métodos

1. Microalgas, Condições de Cultivo e Estratégia de Estudo

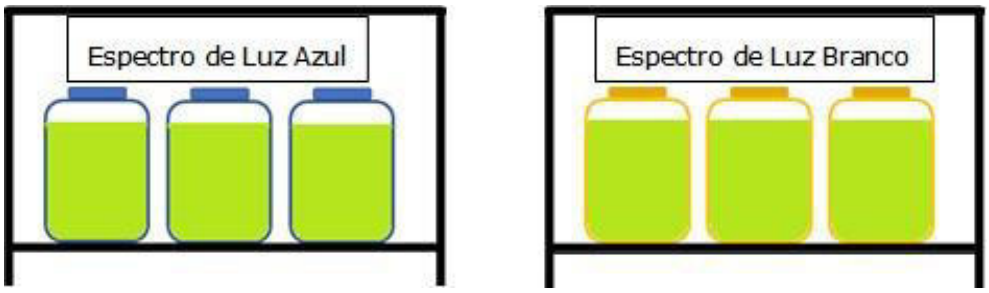
O presente experimento foi realizado no Greenlab da Universidade Salvador e no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (NEA/LEPETRO/IGEO/UFBA), utilizando cepas de microalga adquiridas do *Canadian Phycological Culture Centre* (CPCC).

A espécie escolhida para estudo tem predominância nos meios aquáticos da região semiárida do nordeste brasileiro e é atrativa devido à sua resistência e elevada produtividade de lipídios que favorece a produção de biocombustíveis (LOPES, SILVEIRA, ALMEIDA, BRITO, FERREIRAS, 2016).

As culturas foram realizadas em duas estantes metálicas seladas por papel de alumínio e cortinas "blackouts", uma iluminada por LEDs azuis e a outra, por LEDs brancas, ambas com iluminância média de 2865 lux e 4 W de potência. Foram utilizados seis fotobiorreatores, sendo três em cada prateleira com capacidade total para 3 L (**Figura 1**), aerados e agitados por compressores de ar da marca Renze (3 W) com vazão máxima de 3 L/min, mantidos a uma temperatura média de 23ºC e a 7,5 unidades de pH.

A temperatura foi medida utilizando um termômetro digital (TPM-10). A luminosidade foi monitorada usando um luxímetro digital marca AKSO e o pH por um pHmetro da marca AZ86P3.

Figura 1. Desenho experimental: Reatores expostos à espectros de luz azul e branco



Fonte: Soares, 2019.

O cultivo foi realizado com meio de cultura *Bold's Basal Medium* (BBM), desenvolvido por Stein (1973), com o objetivo de avaliar a influência de determinada luminosidade (2865 lux) e dos espectros de luz azul e branco no crescimento microalgal e na obtenção de óleo a partir de sua biomassa.

Vale ressaltar que o experimento em questão descende de um projeto de mestrado, com utilização de microalgas da mesma espécie para tratamento de água residual urbana proveniente de uma estação de tratamento de efluentes para a produção de biocombustível, em que não se pôde ter certeza sobre a influência específica dos diferentes espectros de luz devido à grande diferença de iluminância entre os LEDs azuis (300 lux e 1 W) e brancos (3500 lux e 4 W) utilizadas.

2. Avaliação do Crescimento

Por microscopia, através de uma câmara de Neubauer (Protocolo BMM 5777), foi feita a contagem de células por ml de diferentes concentrações de cultivo de microalgas e posteriormente obteve-se uma curva de correlação linear padrão entre essa contagem (células/mL) e os valores de absorbância por espectrofotometria utilizando o software BioEstat 5.3.

Após determinação da curva, foi feita a quantificação do crescimento celular das microalgas diariamente, coletando 5 mL de amostra de cada fotobiorreator utilizando tubos Falcon. Os valores de absorbância foram identificados em um espectrofotômetro (Agilent Cary 60 UV-Vis) utilizando 430 nm de comprimento de onda, conforme o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

3. Quantificação da Biomassa e Extração de Óleo

Após os 15 dias de experimento, em duas garrafas de 5 L foi unido o conteúdo restante dos reatores, os expostos à luz azul em uma e os expostos à luz branca em outro, onde foram refrigerados por 10 dias. Em seguida, a biomassa decantada foi transferida para tubos Falcon que foram colocados para centrifugar à 2800 rpm durante 15 min e, ao final, o líquido sobrenadante foi retirado com uso de uma pipeta Pasteur e descartado. Os tubos Falcon, com a biomassa acumulada, foram armazenados em congelador por 24 horas para posterior secagem. As amostras foram secadas em liofilizador Liotop (Modelo L108) durante 5 dias para o processo de secagem a frio. Por conseguinte, a biomassa seca foi pesada por uma balança analítica (AdventurerPro).

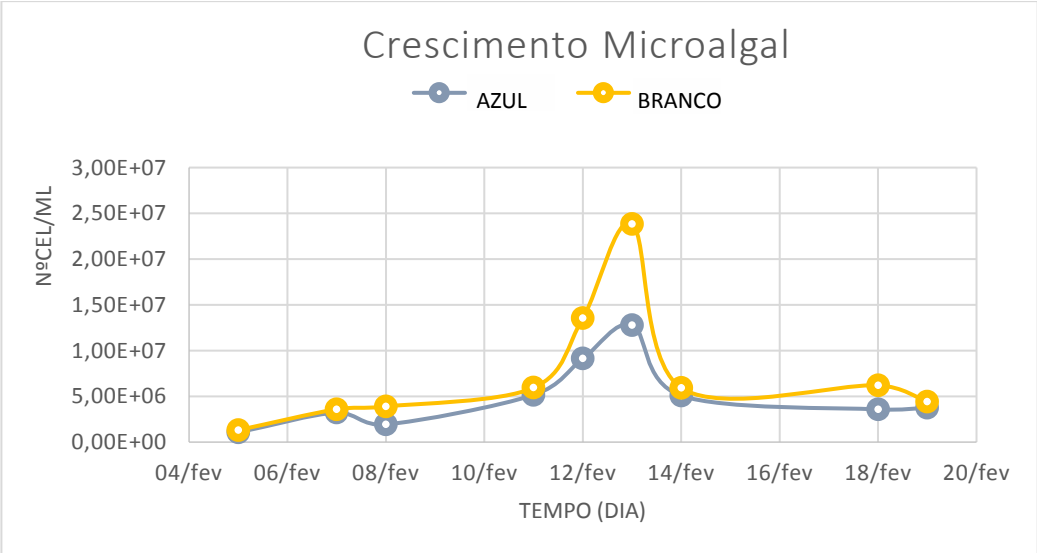
O óleo da biomassa seca foi extraído através de um equipamento Soxhlet, seguindo a metodologia proposta por RAMLUCKAN, MOODLEY, BUX (2014) e posteriormente transferidos para vials de 2ml para quantificar o extrato.

Resultados e discussão

As microalgas como seres fotossintetizantes absorvem energia solar através de pigmentos que constituem suas células. Cada pigmento possui características específicas que permitem absorver energia em comprimentos de ondas exclusivos, sendo a clorofila (*a*) o principal pigmento, absorve comprimentos de onda entre 400nm e 700nm (LIMA., 2018). O uso de espectros de luz específicos poderá aumentar a eficiência fotossintética permitindo que ocorra melhor síntese desta energia em biomassa e melhore o rendimento.

Neste experimento, a seleção da faixa espectral de luz azul não interferiu de forma significativa para o crescimento microalgal, uma vez que sua taxa máxima de crescimento foi de μ=0,28 d^{-1}, enquanto a da exposta à luz branca foi de μ = 0,3 d^{-1} (**Gráfico 1).**

Gráfico 1. Curva de crescimento durante os 16 dias de experimento



Fonte: Soares, 2019.

Quanto à extração de óleo da biomassa exposta à luz azul, no entanto, obteve-se um grande diferencial em comparação à exposta à luz branca, com 0,92 g de extrato para 1,75 g de biomassa seca e, para a da luz branca, 0,0094 g de extrato para 2,35 g, equivalente à 52,5% e 0,4%, respectivamente.

A massa da biomassa adquirida e de óleo extraído são resultados diretamente relacionados à iluminância e, como observado neste trabalho, à faixa espectral (comprimento de onda) às quais os reatores estarão expostos. O comprimento de onda (400 nm a 525 nm) encontrado no espectro azul, influencia no aumento das células microalgais, pois possuem maior energia e melhor penetração (NWOBA, PARLEVLIET, LAIRD, VADIVELOO, ALAMEH, MOHEIMANI, 2019), consequentemente ocorre o aumento do rendimento lipídico, explicando porque o extrato do cultivo exposto à LED azul obteve maior rendimento de óleo em relação ao da LED Branca.

Assim sendo, percebemos que os resultados obtidos poderiam ser diferentes com uso, por exemplo, de LEDs com Lux mais altos e/ou espectros de luz diferentes. REDAELLI, KOCHEM, DIERINGS, JARENKOW, ROMAN, MARCILIO e RECH (2011), por exemplo, conseguiram uma biomassa de 0,38 g/L no experimento exposto à 17.000 Lux com velocidade específica máxima aproximadamente 41% maior que no exposto à 2.200 Lux, onde obteve 0,23 g/L. Por outro lado, NIIZAWAA, HEINRICHA e IRAZOQUI (2016) obtiveram uma maior eficiência para produção de biomassa de microalga no cultivo exposto ao espectro de luz vermelho em relação ao de luz azul.

Conclusão

A exposição espectral seletiva demostrou ser um fator fundamental para a otimização da atividade fotossintética microalgal, sendo o espectro de luz azul ideal para a produção de óleo com vistas à produção de energia, uma vez que obteve rendimento 131,25 vezes maior que em cultivo exposto à luz branca.

Para maior crescimento e produção de óleo fazem-se necessárias análises com diferentes espectros, como a porção vermelha, simulação de fotoperíodo e utilização de outras espécies de microalgas.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida, à Biotec e ao Grupo de pesquisa em Tecnologias Ambientais (GTA/UNIFACS), ao laboratório LEPETRO do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (IGEO/UFBA) e ao GreenLab da Universidade Salvador (UNIFACS) pelas análises e pelo espaço concedido.

Referências Bibliográficas

APHA - American Public Health Association. (2012) *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Edited by APHA, American Water Works Association and Water Environment Fedaration.

BRENNAN, L. OWENDE, P. (2010) Biofuels from microalgae – A review of Technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* V.14, N.2, pp. 557-577.

HAN, J. THOMSEN, L. PAN, K. THOMSEN, C. (2018) Two-step process: enhanced strategy for wastewater treatment using microalgae. *Bioresource Technology.* V.268, pp. 608-615.

KADIR, W. N. A. LAM, H. K. UEMURA, Y. LIM, J. W. LEE, K. T. (2018) Harvesting, and pre-treatment of microalgae cultivated in wastewater for biodiesel production: A revew. *Energy Conversion and Management.* V.171, pp. 1416-1429.

LIMA, G. M. TEIXEIRA, P. N. C. TEIXEIRA, C. M. L. L. FILÓCOMO, D. LAGE, C. L. S. (2018) Influence of spectral light quality on the pigment concentrations and biomass productivity of *Arthrospira platensis*. *Algae Research* V.31, pp. 157-166.

LOPES, T. S. A. SILVEIRA, T. N. ALMEIDA, O. E. L. BRITO, Y. J. V. FERREIRAS, W. B. (2016) Efeitos da variação de pH e luminosidade no desenvolvimento da microalga *Chlorella sp* visando à produção de biocombustíveis. *Congresso Nacional em Pesquisa e Ensino em Ciências*.NIIZAWAA, I.; HEINRICHA J. M.; IRAZOQUI H. A. (2016) Modeling of the influence of light quality on the growth of microalgae in a laboratory scale photo-bio-reactor irradiated by arrangements of blue and red LEDs. *Biochemical Engineering Journal*. V.90, pp. 214-223.

NWOBA, E. G. PARLEVLIET, D. A. LAIRD, D. W. VADIVELOO, A. ALAMEH, K. MOHEIMANI, N. R. (2019) Light management technologies for increasing algal photobioreactor efficiency. *Algal Research.* V.39, pp. 114-133.

RAMLUCKAN, K; MOODLEY, K. G; BUX, F. (2014) An evaluation of the efficacy of using selected solvents for the extraction of lipids from algal biomass by the soxhlet extraction method. *Fuel.* V.116, pp. 103-108.

REDAELLI, C. KOCHEM, L. H. DIERINGS, T. JARENKOW, A. ROMAN, G. M. MARCILIO, N. R. RECH, R. (2011) Influência da intensidade da luz sobre a biofixação de carbono em *Chlorella minutissima*. *III Congresso Brasileiro de Carvão Mineral.*

SHAHNAZARI, M. OWENDE, P. (2017) Sustainable conversion of light to algal biomass and electricity: A net energy return analysis. *Energy.* V.131, pp. 218-229.

STEIN, J. R. (1973) *Handbook of Phycological Methods: Culture Methods and Growth Measurements.* Cambridge University Press.

ANAIS DO CIBIO - CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOMASSA

4ª Edição do Cibio

25 a 27 de junho de 2019

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-65-80580-01-9
9 786580 580019

Correspondências

cibio@grupofrg.com.br

Curitiba – PR – Brasil

2019

Local: Expotrade Convention Center, Pinhais, PR. Brasil