

# Fontes de Biomassa e Potenciais de Uso

Mônica Jasper  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Mônica Jasper  
(Organizadora)

# Fontes de Biomassa e Potenciais de Uso

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Rafael Sandrini Filho  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
F683	Fontes de biomassa e potenciais de uso [recurso eletrônico] / Organizadora Mônica Jasper. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-629-4 DOI 10.22533/at.ed.294191609  1. Biocombustíveis. 2. Biomassa – Pesquisa – Brasil. I. Jasper, Mônica.  CDD 333.9539
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Estamos apresentando “Fonte de Biomassa e Potenciais de Uso”. São dezesseis capítulos que abordam trabalhos, pesquisas e revisões de forma ampla acerca deste conhecimento. A obra reúne trabalhos de diferentes regiões do país, analisando a área da Produção de biomassa sob diferentes abordagens. É necessário conhecer esses temas sob diversas visões de pesquisadores, a fim de aprimorar conhecimentos, relações interespecíficas e desenvolver estratégias para a utilização das fontes de biomassa. O esforço contínuo de pesquisadores e instituições de pesquisa tem permitido grandes avanços nessa área. Assim, apresentamos neste trabalho uma importante compilação de esforços de pesquisadores, acadêmicos, professores e também da Atena Editora para produzir e disponibilizar conhecimento neste vasto contexto.

Mônica Jasper

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CONVERSÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS LIVRES DE ÓLEO DE GIRASSOL EM BIODIESEL UTILIZANDO CATALISADORES ÁCIDOS	
Paulo Roberto de Oliveira Patrick Rodrigues Batista Marjorie Emanoeli Lopes Vieira Palimécio Gimenes Guerrero Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALECRIM ( <i>ROSMARINUS OFFICINALIS L.</i> ) SOBRE A OXIDAÇÃO DO BIODIESEL DE SOJA DURANTE O ARMAZENAMENTO	
Noellen Caroline Cavalcanti de Araujo Silmara Bispo dos Santos Henrique de Matos Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
EFFECT OF THERMOCHEMICAL PRETREATMENT AS A STRATEGY TO ENHANCE BIODEGRADABILITY OF LIGNOCELLULOSIC BIOMASS	
Thiago Edwiges Jhenifer Aline Bastos João Henrique Lima Alino Laércio Mantovani Frare	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTA SEMIDECIDUAL: UMA COMPARAÇÃO ENTRE REGRESSÃO E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	
Marcela de Castro Nunes Santos Terra Daniel Dantas Luiz Otávio Rodrigues Pinto Natalino Calegario Sabrina Mandarano Maciel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>36</b>
EXTRAÇÃO DE LIPÍDEOS DA MICROALGA <i>Nannochloropsis oculata</i> CULTIVADA COM VARIAÇÃO DE NITRATO DE SÓDIO NO MEIO DE CULTURA	
José William Alves da Silva Susana Felix Moura dos Santos Illana Beatriz Rocha de Oliveira Ana Claudia Teixeira Silva Glacio Souza Araujo Emanuel Soares dos Santos Renato Teixeira Moreira Dilliani Naiane Mascena Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916095</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 41**

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL NA ZONA DA MATA E CAMPO DAS VERTENTES DE MINAS GERAIS

Michael de Oliveira Resende  
Giovana Franco Valadão  
Elias Gabriel Magalhães Silva  
Helen Ribeiro Rodrigues  
Márcio do Carmo Barbosa Poncilio Rodrigues  
Augusto Cesar Laviola de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.2941916096**

**CAPÍTULO 7 ..... 50**

POLPA CELULÓSICA COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL VIA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA

Dile Pontarolo Stremel  
Alexandre Vidal Bento  
Mayara Elita Braz Carneiro  
Roberto Pontarolo

**DOI 10.22533/at.ed.2941916097**

**CAPÍTULO 8 ..... 59**

PRODUÇÃO DE CÉLULA SOLAR COM CORANTE DA *Beta vulgaris*

Julianno Pizzano Ayoub  
Gideã Taques Tractz  
Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira  
Cynthia Beatriz Furstenberger  
Everson do Prado Banczek  
Paulo Rogerio Pinto Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.2941916098**

**CAPÍTULO 9 ..... 67**

PRODUÇÃO DE ETANOL DE BATATA REFUGO VIA PROCESSO FERMENTATIVO: UMA PROPOSTA PARA A DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE AMILÁCEAS

Taís Adeil Muller  
Wilma Aparecida Spinosa  
Juliano Tadeu Vilela Resende  
Leonel Vinicius Constantino  
Edson Perez Guerra  
Leonardo de Lima Wrobel  
Wallace Lima Paulo  
Ana Elisa Barbosa Siqueira  
Claudia Jeorgete dos Santos Burko

**DOI 10.22533/at.ed.2941916099**

**CAPÍTULO 10 ..... 74**

QUALIDADE DO CARVÃO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* PLANTADOS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Matheus Redel Finger  
Rosimeire Cavalcante dos Santos  
Elias Costa de Souza  
Gabriel Raamon Santana Nunes  
Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes  
Renato Vinicius Oliveira Castro  
Stephanie Hellen Barbosa Gomes  
Cynthia Patricia de Sousa Santos

Sarah Esther de Lima Costa  
Gualter Guenter Costa da Silva  
DOI 10.22533/at.ed.29419160910

**CAPÍTULO 11 ..... 81**

RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO EM CARVÃO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Matheus Redel Finger  
Rosimeire Cavalcante dos Santos  
Elias Costa de Souza  
Gabriel Raamon Santana Nunes  
Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes  
Renato Vinícius Oliveira Castro  
Stephanie Hellen Barbosa Gomes  
Cynthia Patricia de Sousa Santos  
Sarah Esther de Lima Costa  
Gualter Guenter Costa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.29419160911

**CAPÍTULO 12 ..... 87**

UMA PROPOSTA PARA O APROVEITAMENTO DA *ACROCOMIA ACULEATA* COMO FONTE DE ENERGIA LIMPA

Cássio Furtado Lima  
Fernanda de Oliveira Araujo  
Leonne Bruno Domingues Alves  
Angleson Figueira Marinho  
Érica Bandeira Maués de Azevedo  
Michel Keisuke Sato  
Victor da Cruz Peres  
Juliana Souza da Silva  
Luiz Fernando Reinoso  
Edinelson Luis de Sousa Junior  
Maykon Sullivan de Jesus da Costa  
Francisco Robson Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.29419160912

**CAPÍTULO 13 ..... 103**

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ESTOQUE DE CARBONO EM FRAGMENTOS DE CERRADO EM MINAS GERAIS

Natielle Gomes Cordeiro  
Kelly Marianne Guimarães Pereira  
Luiz Otávio Rodrigues Pinto  
Marcela de Castro Nunes Santos Terra  
José Márcio de Mello

DOI 10.22533/at.ed.29419160913

**CAPÍTULO 14 ..... 117**

BIODIGESTOR CONTROLADO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Marcos Baroncini Proença  
Simone Ribeiro Morrone  
Dimas Agostinho da Silva  
Herdney Souza dos Santos  
Leila Fabiola Ferreira  
Luiz Roberto Baracho Rocha  
Cristoffer Lincon



Abel José Vilseke

DOI 10.22533/at.ed.29419160914

**CAPÍTULO 15 ..... 121**

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ADSORBENT OBTAINED FROM AGROINDUSTRIAL WASTE BIOMASS

Arthur Hoffmann dos Santos

Diana Fernanda Caicedo

Joana de Souza Mücke

Aline Krum Ferreira

Luiz Antonio Mazzini Fontoura

Samuel José Santos

Irineu Antonio Schadach de Brum

DOI 10.22533/at.ed.29419160915

**CAPÍTULO 16 ..... 125**

BIODIESEL PRODUCTION FROM WASTE COOKING OIL WITH CHARCOAL PYROLIGNEOUS LIQUOR

Marcos Baroncini Proença

Simone Ribeiro Morrone

Dimas Agostinho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.29419160916

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 131**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 132**

## QUALIDADE DO CARVÃO DE *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus tereticornis* PLANTADOS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

### **Matheus Redel Finger**

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais  
Santa Maria- RS

### **Rosimeire Cavalcante dos Santos**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Macaíba-RN

### **Elias Costa de Souza**

Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Florestais  
Macaíba-RN

### **Gabriel Raamon Santana Nunes**

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais  
Santa Maria- RS

### **Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Macaíba-RN

### **Renato Vinícius Oliveira Castro**

Universidade Federal de São João Del Rei, Departamento de Ciências Agrárias  
São João Del Rei-MG

### **Stephanie Hellen Barbosa Gomes**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Macaíba-RN

### **Cynthia Patricia de Sousa Santos**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Macaíba-RN

### **Sarah Esther de Lima Costa**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Macaíba-RN

### **Gualter Guenter Costa da Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias  
Macaíba-RN

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do carvão da madeira de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* plantado em cinco diferentes espaçamentos e coletadas em diferentes alturas ao longo do fuste. O espaçamento de plantio ocorreu em cinco níveis: 3,0 x 0,5m; 3,0 x 1,5m; 3,0 x 3,0m; 3,0 x 5,0m; 3,0 x 6,5m e foram feitas três repetições. Foram derrubadas 3 árvores de cada tratamento, e foram feitos discos 10cm de altura, em 10 níveis ao longo da árvore: 0% (base); diâmetro a altura do peito (DAP); 12,5%; 25%; 37,5%; 50%; 67,5%; 75%; 87,5% e 100% da altura comercial. Após

a coleta do material, os discos foram divididos em cunhas e secos. Após secos, foi realizada a carbonização do material e, em seguida, foi realizada a análise química imediata do material. Após a realização deste trabalho, foi possível concluir que, para o carvão obtido apenas da madeira do DAP apenas no teor de cinzas houve diferença significativa. Para o carvão obtido de diferentes alturas no fuste, apenas o teor de umidade não apresentou diferença estatística entre os 5 tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVES:** energia da biomassa; análise química imediata; carvão vegetal; eucalipto.

## CHARACTER QUALITY OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* PLANTED IN DIFFERENT SPACINGS

**ABSTRACT:** This work aimed at evaluating the quality of the wood charcoal of a clone of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* planted in five different planting spacings and collected at different heights along the stem. The planting spacing occurred in five levels: 3.0 x 0.5m; 3.0 x 1.5m; 3.0 x 3.0m; 3.0 x 5.0m; 3.0 x 6.5m and three replicates were made. Three trees of each procedure were taken down, and 10cm thick discs were made in 10 levels along the tree: 0% (base); diameter at breast height (DAP); 12.5%; 25%; 37.5%; 50%; 67.5%; 75%; 87.5% and 100% of commercial height. After the material was collected, the discs were divided into wedges and dried. After drying, the material was carbonized and the immediate chemical analysis of the material was carried out. After carrying this work out this work, it was possible to conclude that there was significant difference in the ash content for the coal obtained only from the wood of the DAP. For the coal obtained from different heights in the stem, only the moisture content did not present statistical difference between the 5 treatments.

**KEYWORDS:** biomass energy; immediate chemical analysis; charcoal; eucalyptus.

## 1 | INTRODUÇÃO

Devido à grande variedade de produtos combustíveis que podem ser obtidos e do grande potencial de aproveitamento da biomassa florestal, esta matéria prima tem despertado relevante interesse para fins energéticos, através dos mais diversos tipos de transformações termoquímicas (PROTÁSIO et al., 2013).

Entre os produtos que podem ser obtidos a partir da biomassa de origem vegetal, o carvão vegetal se destaca. Seu rendimento na produção pode ser otimizado por meio do uso de matéria prima adequada, ou seja, a partir da utilização de madeira densa, com maior poder calorífico e com constituição química adequada, o que pode assegurar a produção de um carvão vegetal com qualidade considerada satisfatória (OLIVEIRA et al., 2010).

O espaçamento é um fator que pode afetar o desenvolvimento e a produtividade das florestas de espécies de rápido crescimento, o espaçamento que é responsável

pode determinar o tempo e a intensidade da competição pelos recursos entre as árvores, sabendo que a competição só ocorre quando a disponibilidade dos recursos é baixa (HARRIGTON et al., 2009; ROCHA, 2011). Logo, a diferenciação do crescimento das árvores em locais e espaçamentos distintos, que podem seguir um mesmo padrão ou não, pode resultar em propriedades que se diferenciam entre si na madeira oriunda do fuste dessas árvores, e estas diferenças nas propriedades pode influenciar diretamente a qualidade e a produção do carvão vegetal, visto que a qualidade do carvão está diretamente ligada, também, à qualidade da madeira (REIS et al., 2012).

A carbonização, que é definida como o processo termoquímico de transformação da madeira em carvão. Visa aumentar o teor de carbono fixo no carvão e é influenciado pelas características físicas e químicas da madeira, bem como pelos diferentes sistemas de carbonização, (LAZARETTI, 2015; OLIVEIRA et al., 2010; PIMENTA, 2002).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do carvão da madeira de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* plantado em cinco diferentes espaçamentos e coletadas em diferentes alturas ao longo do fuste.

## 2 | METODOLOGIA

### Procedência e coleta do material

Foram coletadas toras de madeira de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis*, aos 4 anos de idade, provenientes da área experimental da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA) da UFRN, localizada no município de Macaíba, no Estado do Rio Grande do Norte. O espaçamento de plantio ocorreu em cinco níveis: (T1) 3,0 x 0,5m; (T2) 3,0 x 1,5m; (T3) 3,0 x 3,0m; (T4) 3,0 x 5,0m; (T5) 3,0 x 6,5m e foram feitas três repetições.

Foram derrubadas 3 árvores de cada tratamento, e foram feitos discos 10cm de altura, em 10 níveis ao longo da árvore: 0% (base); diâmetro a altura do peito (DAP); 12,5%; 25%; 37,5%; 50%; 67,5%; 75%; 87,5% e 100% da altura comercial. Cada disco foi dividido em 4 cunhas, onde foram utilizadas apenas 2 cunhas de cada disco, denominadas A e B, para o sorteio. O sorteio foi feito dentro de cada tratamento, para saber quais cunhas das diferentes posições no sentido longitudinal da árvore seriam utilizadas, para melhor representação da árvore, e outro sorteio para saber quais cunhas dos DAP.

### Determinação do teor de umidade das toras

As cunhas partidas foram pesadas inicialmente, a fim de obter o seu peso úmido (Pmu) e a partir disso, foram secas em estufa a  $103 \pm 2$  °C, por 24 horas. Passado esse tempo, foram pesadas novamente obtendo-se o peso seco (Pms). O teor de

umidade (TU) foi determinado subtraindo-se o valor do Pmu pelo Pms, dividido pelo Pms. O resultado é multiplicado por 100, pois o valor do teor de umidade é dado em porcentagem.

### Carbonização em mufla de laboratório

As carbonizações foram realizadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira da mesma unidade acadêmica. As cunhas sorteadas foram colocados em um mini-container e em seguida, posicionadas no interior da mufla. O processo de aquecimento do material foi estabelecido previamente, e foram realizadas duas repetições em cada marcha, não sendo possível mais repetições devido à quantidade do material. A taxa de aquecimento (dada através da relação entre a temperatura final e tempo de carbonização) foi de 1, 25°C.min<sup>-1</sup> (6 horas), como mostrado na Tabela 1.

	6h
Marcha	100°C – 60min
	150°C – 60min
	200°C – 60min
	250°C – 30min
	300°C – 30min
	350°C – 30min
	400°C – 30min
	450°C – 60min
Taxa de Aquecimento	1,25°C.min <sup>-1</sup>

Tabela 1 - Marchas de carbonização e taxa de aquecimento

Depois de ligada a mufla e iniciado o processo de carbonização, foi verificada a temperatura de carbonização, coloração e a densidade da fumaça a cada meia hora. Finalizado o período de carbonização, a mufla foi desligada e iniciado o processo de resfriamento à temperatura ambiente por ± 8 horas.

### Análise Química Imediata do carvão

Os procedimentos utilizados para a análise química imediata foram baseadas nas normas ASTM D-1762-64 “Chemical Analysis of Wood Charcoal”, ABNT NBR 8112-83 “Carvão Vegetal – Análise Imediata”. Para esta análise foi utilizado carvão proveniente de lenha dos clones carbonizados em mufla. O material obtido foi moído e peneirado (o carvão coletado foi o que passou da peneira de 40 mesh e ficou retido na peneira de 60 mesh) e depois pesado cerca de 1,0 g do carvão que, posteriormente, foram colocados em cadinhos de porcelana, seco e tarado (Pcu). Foram obtidos os

teores de umidade, matérias voláteis, carbono fixo e cinzas.

### Análise estatística

As análises foram realizadas utilizando o programa BioEstat versão 5.3 sendo realizado o teste de normalidade, Shapiro Wilk, e, em seguida, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, posteriormente, foi realizada a análise de correlação entre os dados.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização das análises estatísticas, os dados das análises químicas puderam ser comparados em relação ao espaçamento e nas diferentes alturas, como mostrados na Tabela 2, que apresenta os dados coletados no DAP e na Tabela 3, que apresenta os dados coletados nas diferentes alturas.

Espaçamentos (m)	%U	%MV	%CZ	%CF
3,0 x 0,5	4.86 a	29.15 a	0.55 a	70.30 a
3,0 x 1,5	4.97 a	27.27 a	0.25 b	72.48 a
3,0 x 3,0	3.96 a	31.11 a	0.21 b	68.67 a
3,0 x 5,0	5.93 a	29.84 a	0.15 b	70.01 a
3,0 x 6,5	5.30 a	25.52 a	0.14 b	74.34 a

Tabela 2 – Médias da análise química imediata do carvão da madeira coletada no DAP das árvores dos 5 tratamentos

Onde %U= Teor de Umidade; %MV= Teor de matérias voláteis; %CZ= Teor de cinzas; %CF= Teor de carbono fixo. Médias acompanhadas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os dados da análise química do carvão, obtidos apenas da madeira do DAP, mostram que, para os teores de umidade, matérias voláteis e carbono fixo, não há diferença significativa entre os tratamentos. Apenas para os teores de cinzas houve diferença significativa entre o T1 e os outros tratamentos, indicando que, de todos, o que apresentou maior valor de cinzas foi o tratamento com menor área útil por árvore.

Espaçamentos (m)	%U	%MV	%CZ	%CF
3,0 x 0,5	5.07 a	29.35 a	0.17 a	70.48 b
3,0 x 1,5	4.79 a	27.16 b	0.15 a	72.68 a
3,0 x 3,0	4.27 a	26.78 b	0.11 b	73.11 a
3,0 x 5,0	4.50 a	29.23 a	0.11 b	70.66 b
3,0 x 6,5	5.44 a	26.01 b	0.13 ab	73.86 a

Tabela 3 – Médias da análise química imediata do carvão da madeira coletada nas diferentes alturas das árvores dos 5 tratamentos

Onde %U= Teor de Umidade; %MV= Teor de matérias voláteis; %CZ= Teor de cinzas; %CF= Teor de carbono fixo. Médias acompanhadas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Logo, de acordo com os dados, o menor espaçamento poderá ser utilizado, sem comprometer a qualidade do carvão da madeira na altura do DAP, o que proporciona um aumento no volume de biomassa por hectare. Outras propriedades devem ser levadas em consideração para classificar o carvão em relação a sua aplicabilidade para a indústria siderúrgica, como, por exemplo, o poder calorífico e a densidade do carvão (SANTOS, 2011).

Já para os dados dos 5 diferentes tratamentos, quando avaliadas as madeiras em diferentes alturas das árvores, é possível observar uma maior variabilidade nos dados da análise química imediata deste material. Como as amostras foram carbonizadas aleatoriamente, a variabilidade pode ser justificada principalmente pela quantidade de variações da madeira ao longo do fuste.

Para o carvão obtido de diferentes alturas no fuste, apenas o teor de umidade não apresentou diferença estatística entre os 5 tratamentos. Para matérias voláteis, o T1 e o T4, apresentaram maiores valores, quando comparados aos outros tratamentos. Para teor de cinzas, os menores valores encontrados foram no T3, T4 e T5, indicando que, houve um menor acúmulo de minerais nestas madeiras, onde a área útil por árvore é maior. Para o teor de carbono fixo, os melhores resultados encontrados foram no T2, T3 e T5, que diferiram estatisticamente dos outros tratamentos, apesar de todos terem sido superiores a 70%.

Os valores de matérias voláteis encontrados neste trabalho foram bem superiores aos valores encontrados por Santos et al. (2016) ao avaliar 4 clones híbridos de *Eucalyptus*, aos 7 anos de idade, conseqüentemente, quanto os valores de carbono fixo, os autores encontraram valores superiores aos valores encontrados neste trabalho, visto que há uma relação inversa entre os valores de carbono fixo e matérias voláteis. Os teores de cinzas obtidos neste trabalho foram inferiores aos valores obtidos por Santos et al. (2016). Esta característica é desejável para carvões utilizados na indústria siderúrgica. Segundo Santos (2008), valores de carbono fixo na faixa de 75 a 80% são desejáveis, para carvões utilizados na siderurgia, visto que, quanto maior o teor de carbono fixo, maior é a produtividade do alto-forno, para a mesma quantidade de redutor utilizado.

#### 4 | CONCLUSÕES

Após a realização deste trabalho, foi possível concluir que, para o carvão obtido apenas da madeira do DAP apenas no teor de cinzas houve diferença significativa. Para o carvão obtido de diferentes alturas no fuste, apenas o teor de umidade não apresentou diferença estatística entre os 5 tratamentos.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1762-64, Philadelphia, PA: **American Society for Testing and Materials**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5734/83, NBR 8112/83. Rio de Janeiro: 1981.

HARRIGTON, T. B.; HARRIGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effect of plating spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 18-25, 2009.

LAZARETTI, D. S.; A energia da floresta, **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto-SP, p. 5, 2015.

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**, v. 38, n. 87, p. 431–439, 2010.

PIMENTA, A.S. Curso de atualização em carvão vegetal - Aspectos Técnicos, Operacionais e Ambientais. **Apostila, documento interno**. Viçosa: UFV/DEF, 2002.

PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F.; GODINHO, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 137-149, 2013.

REIS, A. A.; MELO, I. C. N. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito de local e espaçamento na qualidade do carvão vegetal de um clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Floresta Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 497-505, Dec. 2012.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. Dissertação (Mestrado). Viçosa, MG. 2011.

SANTOS, I.D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. 2008. 57p. Dissertação - (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTOS, Rosimeire Cavalcante et al. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.

SANTOS, Rosimeire Cavalcante et al. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 657-669, 2016.



## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**MÔNICA JASPER** é Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), com graduação e Mestrado (2010) na linha de pesquisa Manejo Fitossanitário. Professora na Universidade Estadual de Ponta Grossa e no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, atuando principalmente nas disciplinas de Entomologia Geral e Aplicada, Manejo de culturas, Morfologia e Fisiologia Vegetal, Fitopatologia Geral e Aplicada, Biologia, Genética e Melhoramento Genético e Biotecnologia.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácidos graxos livres 1, 2, 9, 96, 97, 98, 99  
Agronegócio 68  
Álcool 2, 3, 12, 68, 69, 70, 71, 72, 93, 95  
Análise química imediata 75, 77, 78, 79  
ANOVA 38, 50, 51, 55, 70  
Antioxidante 12, 14, 16, 17, 18, 94  
Aprendizagem de máquinas 24, 26, 28  
Automação 41, 117, 118

### B

Biocombustível 50, 51, 57, 68, 69  
Biodiesel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 37, 40, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 125, 126, 128, 129, 130  
Biodigestor 117, 118, 119  
Bioenergia 41, 52, 59, 82, 100, 118, 119  
Bioetanol 50, 58  
Biogás 19, 20, 41, 45, 46, 49, 117, 118  
Biomass 18, 19, 20, 23, 25, 27, 34, 35, 37, 40, 75, 101, 106, 113, 114, 117, 121, 122, 123, 124, 129  
Biomassa florestal 24, 75, 118, 119  
Biosorbent 121, 122

### C

Carbonização da madeira 82  
Carvão vegetal 75, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86  
Célula fotovoltaica 59, 60  
Celulase 50  
Cultivo 36, 37, 38, 39, 40, 70, 85, 91, 100

### D

Desenvolvimento sustentável 41, 60, 65, 99  
Domínio cerrado 103

### E

Eficiência energética 61, 82  
Energia 13, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 72, 75, 80, 82, 86, 87, 88, 90, 98, 99, 100, 118, 119, 120  
Energia da biomassa 75  
Energias renováveis 59, 60

Esterificação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 100

Eucalipto 35, 75, 80, 82

Extrato vegetal 12, 14

## **G**

Geoestatística 103, 105, 107, 113, 115

Gestão ambiental 88

## **H**

Híbrido de eucalipto 82

## **I**

Inventário florestal 27, 103, 106

## **L**

Lignina 19, 52, 80

Lipídio 36

## **M**

Macaúba 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102

Metano 19, 45, 46, 118

Mudanças climáticas 24, 25, 34, 60

## **O**

Óleo de girassol 1, 4, 5, 6, 9, 11

## **P**

Potencial energético 41, 47, 48, 49, 87, 88, 90

Pyroligneous Liquor 82, 125, 126, 127, 129

## **R**

Rede cooperativa 117

Regressão múltipla 24, 26, 31, 33, 34

Resíduo orgânico 68

Resíduos sólidos 19

## **S**

Sequestro de carbono 24, 25, 108, 114

Sociologia ambiental 88

Solanum tuberosum L 68, 72

## T

Transesterificação enzimática 88, 93, 97, 98, 99, 100

Transesterification 2, 10, 11, 88, 100, 125, 126, 127, 130

## W

Waste coking oil 125

Waste management 121

Water and wastewater treatment 121

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-629-4

