

# Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 4

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)



**Jorge González Aguilera**  
**Alan Mario Zuffo**  
(Organizadores)

**Ciências Agrárias: Campo Promissor  
em Pesquisa**  
**4**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
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. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
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. 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.ª Dr.ª 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	Ciências agrárias [recurso eletrônico] : campo promissor em pesquisa 4 / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ciências Agrárias. Campo Promissor em Pesquisa; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-418-4 DOI 10.22533/at.ed.184192006  1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série. CDD 630
<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

A obra “*Ciências Agrárias Campo Promissor em Pesquisa*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta seu volume 4, em seus 23 capítulos, conhecimentos aplicados as Ciências Agrárias.

A produção de alimentos nos dias de hoje enfrenta vários desafios e a quebra de paradigmas é uma necessidade constante. A produção sustentável de alimentos vem a ser um apelo da sociedade e do meio acadêmico, na procura de métodos, protocolos e pesquisas que contribuam no uso eficiente dos recursos naturais disponíveis e a diminuição de produtos químicos que podem gerar danos ao homem e animais.

Este volume traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área das Ciências Agrárias, ao tratar de temas como bioatividade de extratos vegetais, produção e qualidade de adubos verdes, silagem, fortalecimento de cadeias produtivas, resistência a doenças, entre outros. São abordados temas inovadores relacionados com o uso de energia solar. Os trabalhos abordam temas relacionados com as culturas do abacaxi, cana-de-açúcar, canola, feijão, goiaba, mamona, orégano, trigo, soja, entre outros cultivos. Os resultados destas pesquisas vêm a contribuir no aumento da disponibilidade de conhecimentos úteis a sociedade.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DA BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS EM RELAÇÃO A SITOPHILUS SP. E RHYZOPERTHA DOMINICA EM GRÃOS DE TRIGO ARMAZENADO	
Chawana dos Santos Lima Soares Anna Maria Deobald Sandro Borba Possebon	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1841920061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>6</b>
AVALIAÇÃO DA BIOSSORÇÃO EM ÁGUA PRODUZIDA A PARTIR DA FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Luiz Antonio Barbalho Bisneto Ana Júlia Miranda de Souza Tatiane Pinheiro da Silva Bernardino Fabiola Gomes de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1841920062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DE SECAGEM DE <i>Malus domestica</i> EM ESTUFA	
Kátia Cristina Barbosa da Silva Maria Suenia Nunes de Moraes Camila Joyce Ferreira de Locio Luana Maria de Queiroz Silva Bruno Rafael Pereira Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1841920063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DE NÉCTAR DE GOIABA ( <i>Psidium guajava</i> , L.) ADICIONADO DE SORO DE LEITE	
Maiara Magna Almeida da Silva Auriana de Assis Regis Ravena Kilvia Oliveira Aguiar Pahlevi Augusto de Souza Ariosvana Fernandes Lima Zulene Lima de Oliveira Elisabeth Mariano Batista	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1841920064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA BIOMASSA FRESCA PRODUZIDA PELAS LEGUMINOSAS COMO ADUBOS VERDES	
Gabriel Menezes Ferreira Antonio Tassio Oliveira de Souza; Alisson Silva de Souza Daniel Sávio Fernandes Tavares Domingos Sávio Moraes Tavares Patricia Taila Trindade de Oliveira Jorge Antônio dos Reis Barros Junior	

Thaynara Luany Nunes Monteiro  
Igor Thiago dos Santos Gomes  
Manoel Júlio Albuquerque Filho  
Jhemyson Jhonathan da Silveira Reis  
João Henrique Trindade e Matos

**DOI 10.22533/at.ed.1841920065**

**CAPÍTULO 6 ..... 52**

**BEBIDA FERMENTADA FUNCIONAL UTILIZANDO EXTRATO AQUOSO DE COCO**

Ilsa Cunha Barbosa Vieira  
Geiseanny Fernandes do Amarante Melo  
Renata Kelly Gomes de Oliveira  
Mirleny Barbosa da Silva  
Valéria Lopes Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.1841920066**

**CAPÍTULO 7 ..... 62**

**CARACTERIZAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/  
RN POR MEIO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO ESTIMADOS POR SENSORIAMENTO  
REMOTO**

Ana Beatriz Alves de Araújo  
Isaac Alves da Silva Freitas  
Antônio Aldísio Carlos Júnior  
Daniela da Costa Leite Coelho  
Suedêmio de Lima Silva  
Paulo Cesar Moura da Silva  
João Paulo Nunes da Costa  
Lizandra Evelylyn Freitas Lucas  
Poliana Maria da Costa Bandeira  
Priscila Pascali da Costa Bandeira  
Erllan Tavares Costa Leitão  
Marineide Jussara Diniz

**DOI 10.22533/at.ed.1841920067**

**CAPÍTULO 8 ..... 75**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE PÃO DE QUEIJO  
ELABORADO COM FOLHAS DESIDRATADAS E ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO  
(*Origanum vulgare* L.)**

Tatiane Regina Alves da Cunha  
Tatiane Rodrigues Silva  
Carla Luciane Kreutz Braun  
Krishna Rodrigues de Rosa  
José Masson

**DOI 10.22533/at.ed.1841920068**

**CAPÍTULO 9 ..... 80**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SILAGEM DE SORGO COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DE  
CAJU DESIDRATADO: MATÉRIA SECA, PROTEÍNA BRUTA, FDN E FDA**

Jesane Alves de Lucena  
Vitor Lucas de Lima Melo  
Raisa Raquel da Cunha Menezes  
Cicília Maria Silva de Souza  
Hilton Felipe Marinho Barreto

**DOI 10.22533/at.ed.1841920069**

**CAPÍTULO 10 ..... 90**

**CONJUNTURA DO MERCADO DA BANANA NO BRASIL E NO ESTADO DO PARÁ**

Erika da Silva Chagas  
Ricardo Falesi Palha de Moraes Bittencourt  
Italo Marlone Gomes Sampaio  
Letícia Cunha da Hungria  
Camila Gurjão da Costa  
Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt

**DOI 10.22533/at.ed.18419200610**

**CAPÍTULO 11 ..... 97**

**CONJUNTURA DO MERCADO DO CACAU NO ESTADO DO PARÁ: ASPECTOS NACIONAIS E REGIONAIS**

Ricardo Falesi Palha de Moraes Bittencourt  
Erika da Silva Chagas  
Italo Marlone Gomes Sampaio  
Camila Gurjão da Costa  
Letícia Cunha da Hungria  
Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt

**DOI 10.22533/at.ed.18419200611**

**CAPÍTULO 12 ..... 104**

**CUSTOS DE PRODUÇÃO DE SOJA NO PLANEJAMENTO DA COMERCIALIZAÇÃO DE UMA PROPRIEDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE OURINHOS**

Edson Ruiz  
Andressa Maria Soares Bezerra  
Claudinei de Lima  
Roger de Oliveira  
Adriano Pontara

**DOI 10.22533/at.ed.18419200612**

**CAPÍTULO 13 ..... 112**

**DESEMPENHO DA CANOLA EM JATAÍ - GO**

Raissa Macedo Assis  
Simério Carlos Silva Cruz  
Flavia Andrea Nery Silva  
Givanildo Zildo da Silva  
Gabriela Fernandes Gama  
Ingrid Maressa Hungria de Lima e Silva  
Carla Gomes Machado

**DOI 10.22533/at.ed.18419200613**

**CAPÍTULO 14 ..... 118**

**DIVERSIDADE DE INSETOS EM DIFERENTES AMBIENTES NO IFNMG - CAMPUS ARINOS**

Thays Morato Lino  
Elisabeth Gomes Uchôas  
Manoel Xavier de Oliveira Júnior  
Chirles Rosa Ramos  
Matheus dos Santos Pereira  
Luciana Rodrigues da Conceição

**DOI 10.22533/at.ed.18419200614**



<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>130</b>
EFEITO DA UMIDADE E DA ACÚSTICA NA TORREFAÇÃO DE PINUS ELLIOTTII	
Myla Medeiros Fortes	
Eder Pereira Miguel	
Bruno Sant' Ana Chaves	
Ícaro Renã Alves Moureira Nery	
Ailton Teixeira do Vale	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>138</b>
FENAÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DE ABACAXI ( <i>Ananas comosus</i> )	
Fernando José de Sousa Borges	
Karla Agda Botelho Mota	
Danielly Pereira dos Santos	
Ana Cristina Gomes Figueiredo	
Izabel Pereira de Araújo	
João Carlos Santos de Andrade	
Poliana Mendes Avelino de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>145</b>
FORTALECIMENTO DAS CADEIAS PRODUTIVAS DAS ESPÉCIES MAIS PROMISSORAS PARA A REGIÃO AMAZÔNICA	
Luiz Antonio de Oliveira	
Maricleide Maia Said	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>159</b>
PRODUÇÃO DE LINGUIÇA DE ATUM COM SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA POR INULINA: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS	
Andréia Amanda Bezerra Jácome	
Lucas de Oliveira Soares Rebouças	
Patrícia de Oliveira Lima	
Jean Berg Alves da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>166</b>
RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA UM PLANTIO CLONAL DE <i>Tectona grandis</i> LINN F. NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO, PARÁ	
Mario Lima dos Santos	
Patrícia Mie Suzuki	
Richard Pinheiro Rodrigues	
Beatriz Cordeiro Costa	
Walmer Bruno Rocha Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>172</b>
RESISTÊNCIA BACTERIANA DOS GRAM-NEGATIVOS	
Tiago Zaquia Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200620</b>	

<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>185</b>
RESISTÊNCIA DE CULTIVARES DE MAMONA À <i>Fusarium oxysporum f.sp. ricini</i>	
Zilda Cristina Malheiros Lima	
Suane Coutinho Cardoso	
Leandro Santos Peixoto	
Lucas Barbosa de Oliveira	
Wesley Santana Fernandes	
Marineide Ferreira de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200621</b>	
<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>195</b>
RIZÓBIOS DE LEGUMINOSAS DA CAATINGA NODULAM E PROMOVEM O CRESCIMENTO DE FEIJÃO-CAUPI	
Jéssica Moreira da Silva Souza	
Ana Jéssica Gomes Guabiraba	
José Wilisson Ferreira dos Santos	
José Vieira Silva	
Flávia Barros Prado Moura	
Jakson Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200622</b>	
<b>CAPÍTULO 23 .....</b>	<b>204</b>
USO DE ENERGIA SOLAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PE	
Geoge Carlos Vieira Da Silva	
Lucas Nascimento de Melo Silva	
Charles Teruhiko Turuda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.18419200623</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>208</b>

## EFEITO DA UMIDADE E DA ACÚSTICA NA TORREFAÇÃO DE *Pinus elliottii*

**Myla Medeiros Fortes**

Universidade de Brasília  
Brasília-DF

**Eder Pereira Miguel**

Universidade de Brasília  
Brasília-DF

**Bruno Sant' Ana Chaves**

Universidade de Brasília  
Brasília-DF

**Ícaro Renã Alves Moureira Nery**

Universidade Estadual Paulista  
Botucatu-SP

**Ailton Teixeira do Vale**

Universidade de Brasília  
Brasília-DF

**RESUMO:** A torrefação é um método de tratamento térmico a temperaturas relativamente baixas, até 300°C, que visa produzir um combustível com maior densidade energética. Associada a torrefação, outra técnica é o uso da acústica, que, acoplado ao reator de torrefação, pode aumentar as taxas de transferência de calor convectiva, observados em processos termo-acústicos. O objetivo foi avaliar o efeito da umidade e da acústica no processo de torrefação com base nas características físicas e energéticas da madeira torrificada de *Pinus elliottii*. A madeira de *Pinus elliotti* a 0 e 12% de umidade foi submetida ao processo de

torrefação com taxa de aquecimento de 5 °C por mim, temperatura final de 250°C e tempo na temperatura final de 60 minutos, na presença e ausência de onda sonora de 2478 Hz. Os resultados indicaram que a madeira *Pinus elliottii* não sofreu influência do uso acústico, mas que a umidade da madeira durante o processo de torrefação gerou aumento do teor de carbono fixo, diminuição do teor de materiais voláteis e diminuição da resistência mecânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Torrefação, acústica, *Pinus elliotti*, propriedades energéticas.

**ABSTRACT:** The torrefaction is a method of heat treatment at relatively low temperatures, up to 300 °C, that aims to produce a combustible with higher energetic density. In association to the torrefaction, another technique is the use of the acoustics, which coupled with the torrefaction reactor, can increase the index of convective heat transfer, observed in thermo-acoustic processes. This study aimed to evaluate the effect of the moisture content and of the acoustics in the torrefaction process, based on physical and energetic characteristics of the torrefied wood of *Pinus elliottii*. The wood of *P. elliotti* at 0 to 12% of moisture content was submitted to the torrefaction process with increasing index of temperature of 5 °C per minute, final temperature of 250 °C and time in the final temperature of 60 minutes, in the

presence and absence of sound waves of 2478 Hz. The results have indicated that the wood of *P. elliotii* did not show any influences by the usage of acoustics, however the wood moisture content during the torrefaction process have increased the fixed carbon content, decreased the volatile material content and decreased the mechanical resistance.

**KEYWORDS:** Torrefaction, acoustics, *Pinus elliotii*, energetic properties.

## 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, a área de biomassa proveniente de florestas plantadas corresponde a 7,84 milhões de hectares, dos quais 5,7 milhões são do gênero *Eucalyptus* e 1,6 milhões, *Pinus* (IBÁ, 2017), as quais são amplamente utilizadas como recurso energético, as chamadas florestas energéticas (BRAND, 2008).

A biomassa por ser heterogênea, higroscópica, ter baixo teor de carbono fixo e a densidade apresentar baixa eficiência energética no processo de combustão, além das propriedades físicas que a compõe que afetam a viabilidade econômica do processo devido os custos de transporte e, por isto, necessita de pré-tratamento, como a torrefação, para melhorar sua qualidade (CAMBOY et al, 2014).

A torrefação é um tratamento térmico a temperaturas relativamente baixas, até 300°C, que visa produzir um combustível com maior densidade energética (CHEN et al., 2015). Associada à torrefação, a acústica pode aumentar as taxas de transferência de calor convectiva, observados em processos termo-acústicos (ZHOU et al., 2002; BENNETT et al., 2009). O qual em hipótese poderia mudar a distribuição de pressão e campo de fluxo ao redor da amostra de madeira, modificando a interação entre o meio gasoso do reator e voláteis na superfície da amostra de madeira, dessa forma, melhorando os processos de degradação.

Além de tratamentos, o controle da qualidade da biomassa é de suma importância, pois ela apresenta elementos que podem favorecer a formação de compostos durante sua transformação, que são dependentes, significativamente, da espécie da madeira, dos anéis de crescimento e do teor de umidade (FIGUEROA; MORAES, 2009; CANAL et al, 2016). O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da acústica e da umidade no processo de torrefação de madeira de *Pinus elliotii*.

## 2 | METODOLOGIA

Foram utilizadas amostras de madeira orientadas, com dimensões de 3x3x3 cm, da espécie *Pinus elliotii* nas condições de 0% e 12% de umidade. Os materiais *in natura* e torreficado foram analisados quanto a densidade aparente, conforme a norma ABNT 9165 (1985), a compressão paralela às fibras, conforme a norma ASTM D143/2000 com adaptação quanto às dimensões do corpo de prova, a análise química

imediate pela norma ABNT NBR 8112 (1986), e ao poder calorífico superior com base na norma ABNT NBR 8633 (1984).

O poder calorífico inferior foi calculado conforme a equação 01:

$$\text{Equação 01: } \mathbf{PCI = PCS - (600 * \frac{9H}{100})}$$

O poder calorífico inferior foi calculado conforme a equação 02:

$$\text{Equação 02: } \mathbf{PCU = PCI * (1 - U) - (600 * U)}$$

Em que: PCI: Poder calorífico inferior (kcal/kg); PCU: Poder calorífico útil (kcal/kg); H: Hidrogênio expresso em (%); U: Umidade expresso em (%).

Os ensaios de torrefação foram realizados em um reator (Figura 1) que possibilita criações de diferentes rampas e patamares de aquecimento e análise das temperaturas dentro e na superfície da amostra. Os ensaios foram realizados com taxa de aquecimento de 5°C por mim, temperatura final de 250°C e tempo na temperatura final de 60 minutos, conforme proposto por Rodrigues & Rousset (2009). As ondas acústicas foram geradas por um alto-falante localizado na parte superior e externa do reator, emitidas para um tubo que faz a conexão para dentro do reator por meio de uma abertura localizada na parte superior do reator, na frequência de 2478 hertz e amplitude constante de 10 volts (SILVEIRA et al. 2017).

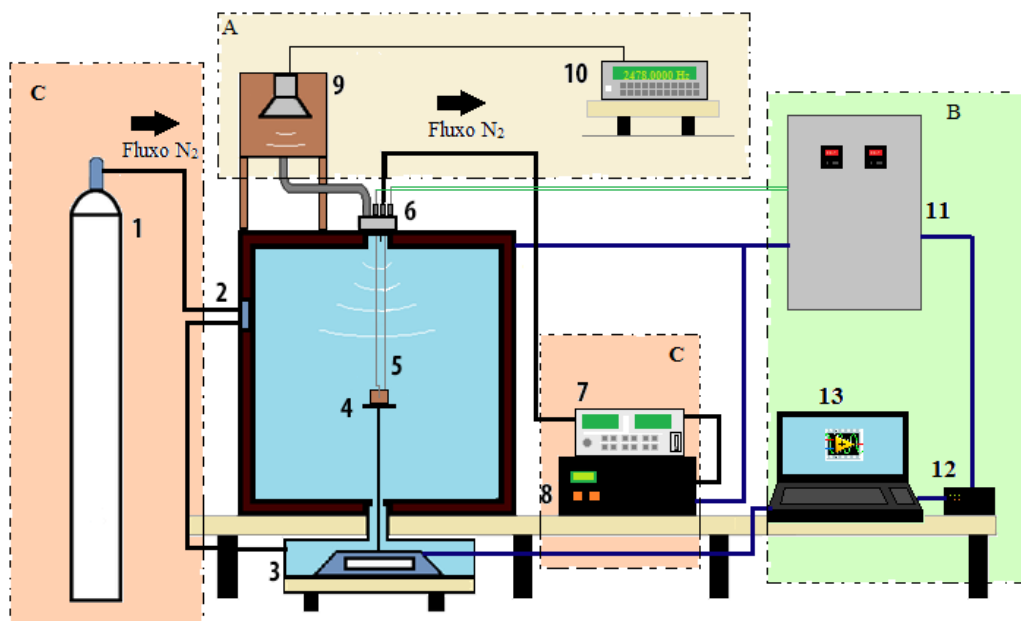


Figura 1. Esquema do reator de torrefação utilizado. Fonte: Edgar Amaral Silveira, Doutorando em Ciências Mecânicas – Unb.

Legenda:

- 1) Cilindro de Nitrogênio; 2) Válvula solenoide de controle do fluxo N2; 3) Balança;
- 4) Amostra; 5) Reator de Torrefação (Estufa adaptada); 6) Termopares (Centro e Superfície); 7) Bomba de fluxo; 8) Controlador do nível de N2; 9) Alto Falante; 10) Gerador de Sinais; 11) Quadro de comando; 12) Gantner (comunicação com o CPU); 13) Computador (Labview).

A densidade energética foi calculada conforme a equação 03:

$$\text{Equação 03: } DE = PCU * DA$$

Em que: DE = densidade energética (Mcal.m<sup>-3</sup>); PCI = poder calorífico inferior(kcal.kg<sup>-1</sup>) na umidade “u”; DA = densidade aparente (kg.m<sup>-3</sup>) na umidade “u”.

O rendimento gravimétrico foi definido como sendo o rendimento em madeira torrificada ao final do processo de torrefação, conforme equação 04.

$$\text{Equação 04: } RG = \frac{M_{\text{torr}}}{M_{\text{seca}}} * 100$$

Em que: RG = rendimento Gravimétrico (%), M torr = massa em material torrificado (kg) e M seca = massa de madeira seca a 0% de umidade (kg).

Considerou-se um arranjo fatorial de 2x2, cujos fatores foram: umidades – 0 e 12% e métodos de transformação: com e sem acústica. Os resultados dos ensaios foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para verificação dos efeitos significativos a 5% de probabilidade de erro. As médias dos tratamentos foram comparadas, pelo teste Tukey.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através das análises realizadas com as amostras torrificadas permitiram avaliar o efeito da acústica e da umidade. Para parâmetros de análise imediata não houve interação significativa entre os fatores, isoladamente o fator umidade apresentou diferença significativa para todos os parâmetros.

Conforme a Tabela 1, o tratamento a 12% de umidade apresentou os maiores valores de carbono fixo (30,57%) e cinzas (0,19) implicando em menor valor de materiais voláteis. As cinzas, representa os constituintes inorgânicos que não participam do processo de combustão da biomassa (Brand, 2010) onde baixos teores de cinzas diminuem as influências negativas sobre o poder calorífico (PINCELLI, 2011). Já o carbono fixo tem uma relação direta com o poder calorífico, o qual em maiores quantidades resulta na queima mais lenta e melhora energeticamente a biomassa (Oliveira et al., 2010). Chen et al. (2016) observou maiores teores de cinzas em *Pinus sp.* torrificada a 250 °C, e a 280 °C observaram teor de material volátil de 72,43% e carbono fixo de 29,26%, próximo aos valores encontrados no tratamento a 12% de umidade. A presença de umidade na madeira favorece a formação de compostos devido a desaceleração do processo de degradação (CANAL et al, 2016), a qual retarda a degradação da celulose (FIGUEROA; MORAES, 2009), e como visto favoreceu o aumento do teor de carbono fixo, o qual é composto principalmente por carbono, mas possui outros elementos como oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e enxofre (Oliveira et

al., 2010).

Umidade	Material Volátil (%)	Carbono Fixo (%)	Cinzas (%)
0%	73,9 a	25,94 b	0,15 b
12%	69,24 b	30,57 a	0,19 a

Tabela 1. Comparação entre médias dos teores de carbono fixo e material volátil e cinzas de madeira torrificada de *Pinus elliottii*.

Obs: Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

As características físicas (tensão máxima, rendimento gravimétrico e a perda de massa) não apresentaram interação significativa entre os fatores, havendo diferença significativa apenas para a umidade, quando analisada isoladamente.

A tensão máxima e o rendimento gravimétrico foram maiores para o tratamento a 0% de umidade, o que pode ser explicado pela menor perda de massa, conforme Tabela 2. Corroborando com esse estudo, Péres et al. (2015) encontraram rendimento gravimétrico de 84% para *Pinus radiata* torrificado a 250°C e Melkior et al. (2017) trabalhando com madeira do gênero *Pinus* torrificado a 245°C e 270 °C obtiveram 11,4% e 20,9% em perda de massa, respectivamente. Sendo observado que nesse estudo o aumento de perda de massa foi devido a presença de umidade, a qual pode reduzir o rendimento gravimétrico (MEDIC et al, 2012). Devido o tratamento térmico, a madeira apresenta adsorção e desorção de água com o meio reduzida, assim o baixo conteúdo de umidade torna-a mais resistente a esforços mecânicos, compensando os efeitos oriundos da perda de massa (Boonstra et al., 2007).

Variáveis		Perda de massa (%)	Rendimento Gravimétrico (%)	Tensão Máxima (kgf/cm <sup>3</sup> )
Umidade	0%	14,45 b	86,55 a	481,17 a
	12%	27,36 a	72,63 b	395,96 b

Tabela 2. Comparação entre médias das propriedades de perda massa e rendimento gravimétrico e Tensão Máxima de material torreficado de *Pinus elliottii*.

Obs: Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A densidade aparente e a densidade energética da madeira não apresentaram interação significativa entre os fatores umidade e acústica. Isoladamente a umidade teve influência significativa nos dois parâmetros, enquanto a acústica apenas na

densidade aparente. Com inclusão da madeira não torrificada (Tabela 3), a densidade aparente apresentou-se significativamente maior para esta, com valor de 530,2 kg.m<sup>-3</sup> em relação à madeira tratada sem acústica (461,1 kg.m<sup>-3</sup>) e com acústica (463,6 kg.m<sup>-3</sup>) que não foram significativamente diferentes. Observa-se que houve diminuição da densidade causada pela degradação térmica de seus constituintes químicos, principalmente as hemiceluloses.

Quanto à influência da umidade, no tratamento a 0% de umidade a madeira torrificada apresentou maior densidade aparente (508,3 kg.m<sup>-3</sup>) e maior densidade energética, a qual é em função da redução da umidade de equilíbrio higroscópico (MAGALHÃES et al, 2018). A densidade aparente influencia diretamente a densidade energética, sendo essa menos influenciada pelo poder calorífico (VALE et al, 2017). Corroborando com esse estudo, Almeida & Dias (2016) observou valores de 480 e 540 kg/m<sup>-3</sup> para densidade aparente da madeira *in natura* de *Pinus elliotii* e *Pinus oocarpa*, respectivamente. Järvinen& Agar (2014) em pellets de pinus torreficados a 255 °C encontraram densidade aparente e energética de 633,8 kg.m<sup>-3</sup> e 3.010 Mcal.kg<sup>-1</sup>, superiores as encontradas neste estudo por serem materiais densificados. A densificação proporciona aumento de densidade aparente e energética (Silva et al., 2015).

Variáveis		Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade energética (Mcal/kg)
Acústica	In natura	530,2 a	2220,8 a
	Sem	461,1 b	2283,0 a
	Com	463,6 b	2286,2 a
Umidade	0%	508,3 a	2407,2 a
	12%	461,67 b	2119,4 b

Tabela 3. Comparação entre médias das propriedades de Densidade aparente e energética de material torreficado de *Pinus elliotii*.

Obs: Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

#### 4 | CONCLUSÕES

Conforme os resultados demonstraram, a análise de variância indica que a madeira torrificada de *Pinus elliotii* não sofreu influência do uso acústico, mas que a umidade da madeira durante o processo de torrefação gerou aumento do teor de carbono fixo, diminuição do teor de materiais voláteis e diminuição da resistência mecânica.



## REFERÊNCIAS

- American Society For Testing And Materials. ASTM D-143:2000. **Standard Methods Testing: Small Clear Specimens of Timber**. USA. 2000. 57 p.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT. NBR 8112/86. **Carvão vegetal – Análise imediata**. São Paulo, SP, Brasil: Associação brasileira de normas técnicas. 1986.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT. NBR 8633/84. **Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico**. São Paulo, SP, Brasil: Associação brasileira de normas técnicas. 1984.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT. NBR 9165/85. **Carvão vegetal - Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade**. São Paulo, SP, Brasil: Associação brasileira de normas técnicas. 1985.
- BENNETT, G., MAHON, J., MURRAY, D., PERSOONS, T., & DAVIS, I. (2009). **Heat Transfer Enhancement In Ducts Due To Acoustic Excitation**. Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFT-7)
- BOONSTRA, M. J. et al. **Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents**. Annals of Forest Science, Les Ulis, v. 64, n. 7, p. 679-690, 2007.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.
- BRAND, M. A. **Fontes de biomassa para a geração de energia: notas de aula**. Uniplac e Udesc, 2008.
- CANAL, W. D.; CARVALHO, A. M. L.; CARNEIRO, A. DE. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, B. L. C.; DONATO, D. B. **Efeito do teor de umidade da madeira na emissão de gases de efeito estufa no processo de carbonização**. Scientia Forestalis. V.44, n.112, p. 831-840.2016.
- CHEN, W.-H.; PENG, J.; BI, X. T. **A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 44, p. 847–866, 2015.
- CHEN, Y.; CAO, W.; ATREYA, A. **An experimental study to investigate the effect of torrefaction temperature and time on pyrolysis of centimeter-scale pine wood particles**. Fuel Processing Technology, V.153, p. 74–80, 2016.
- FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. Ambiente Construído, Porto alegre, v.9 n.4, p.157-174, outubro/ dezembro, 2009.
- JÄRVINEN, T.; AGAR, D. **Experimentally determined storage and handling properties of fuel pellets made from torrefied whole-tree pine chips, logging residues and beech stem wood**. Fuel, V.129 , P. 330–339.2014.
- LMEIDA, D. H. DE.; DIAS, A. A. **Comparação de métodos de ensaio para determinação da resistência da madeira ao embutimento na direção paralela às fibras**. Rev. Árvore, vol.40. 2016.
- MAGALHÃES, M. A. DE.; CARNEIRO, A. DE. C. O.; DA SILVA, C. M. S.; VITAL, B. R.; MARTINS, M. A.; CÂNDIDO, W. L. **Avaliação da torrefação da madeira em curtos tempos de residência em um reator tipo rosca sem fim**. Ciência da madeira, v. 9, p. 160-196, 2018.
- MEDIC, D.; DARR, M.; SHAH, A.; POTTER, B.; ZIMMERMAN, J. **Effects of torrefaction process parameters on biomass feedstock upgrading**. Fuel. p. 91 -147, 2012.
- MELKIOR, T.; BARTHOMEUF, C.; BARDET, M. **Inputs of solid-state NMR to evaluate and compare**

**thermal reactivity of pine and beech woods under torrefaction conditions and modified atmosphere.** Fuel, v.187 , p. 250–260,2017.

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. Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, set. 2010.

PÉREZ, A.L.E.; SEGURA, C.; ESPINOZA, D.; RADOVIC, L.R.; JIMENEZ, R. **Torrefaction of *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus*: A combined experimental and modeling approach to process synthesis.** Energy for Sustainable Development. N.29, p.13–23. 2015.

PINCELLI, A.L.P.S.M. **Características dos resíduos da colheita de madeira de eucalipto e pinus, submetidos, ao tratamento térmico, com foco na aplicação energética.** 2011. 126 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa: Recursos Florestais – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura – Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2011.

RODRIGUES, T. O. & ROUSSET, P. L. **Effects of torrefaction on energy properties of *Eucalyptus grandis* Wood.** Cerne, v. 15, n. 4, p. 446-452, 2009.

Silva, D.A.; Yamaji, F.M.; Barros, J.L.; Da RÓZ, A.L. & Nakashima, G.T. **Caracterização de biomassas para a briquetagem.** Revista Floresta, vol. 45, n. 4, p. 713-722, 2015.

SILVEIRA, E. A.; MORAIS, G. DE. M. V.; ROUSSET, P.; CALDEIRA, A. P; PÉTRISSANS, A ; GALVÃO, L. G. O. **Coupling of an acoustic emissions system to a laboratory torrefaction reactor.** Journal of analytical and applied pyrolysis, v. 129, p. 29-36, 2018.

VALE, A. T. DO.; MIGUEL, E. P.; MOREIRA, A. C. DE. O.; LIMA, C. M.; ORELLANA, B. B. M, A.; FORTES, M. M.; OLIVEIRA, M. P. O.; GONÇALEZ, J. C.; MARTINS, I. S . **Artificial neural networks in predicting energy density of *Bambusa vulgaris* in Brazil.** African Journal of Agricultural Research, v. 12, p. 856-862, 2017.

ZHOU D.W, LIU D.Y, X.G HU, C.F MA. **Effect of acoustic cavitation on boiling heat transfer.** Experimental Thermal and Fluid Science, v. 26, p. 931–938,2002.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-418-4

