

# 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 Internazionale 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**

## UMA PROPOSTA PARA O APROVEITAMENTO DA *Acrocomia aculeata* COMO FONTE DE ENERGIA LIMPA

### **Cássio Furtado Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Fernanda de Oliveira Araujo**

Laboratório de Química e Bioquímica de Produtos Naturais da Universidade Federal de Viçosa - BioNat-UFV

### **Leonne Bruno Domingues Alves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Angleson Figueira Marinho**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Érica Bandeira Maués de Azevedo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Michel Keisuke Sato**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Victor da Cruz Peres**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Juliana Souza da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Luiz Fernando Reinoso**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Edinelson Luis de Sousa Junior**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Maykon Sullivan de Jesus da Costa**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

### **Francisco Robson Alves da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Pará (IFPA)

**RESUMO:** De acordo com dados da ONU, a utilização de combustíveis fósseis é a principal causa do aumento na concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera, com uma possível elevação da temperatura média da terra, de 1,8 a 4,0 °C até o ano de 2100. Com essa problemática e demanda pela sustentabilidade envolvida sobre as fontes de energia não renováveis aparecem os biocombustíveis, sobretudo o biodiesel. O objetivo desse trabalho foi estudar o setor de biodiesel e o potencial energético da *Acrocomia aculeata* (Macaúba), a fim de entender a regulação e as tomadas de decisão do setor, juntamente com uma proposta de aproveitamento para uma nova alternativa de energia limpa e sustentável. O estudo em questão permeia por uma análise do panorama atual de biocombustíveis, através do estudo no referencial bibliográfico, ocorreu ainda uma investigação do óleo da *Acrocomia aculeata* com análises químicas pertinentes para discussão dos dados presentes na literatura. Devido à

elevada contaminação de recursos hídricos quando se utiliza catalizadores ácidos e a impossibilidade de utilizar catalizadores básicos, devido ao Índice de Saponificação, a proposta de transesterificação enzimática aparece como solução para esse problema, visando o aproveitamento energético do óleo de macaúba para produção de biodiesel de maneira sustentável.

**PALAVRAS-CHAVES:** Macaúba, Transesterificação Enzimática; Biodiesel; Sociologia ambiental; Gestão Ambiental.

**ABSTRACT:** According to UN data, the use of fossil fuels is the main cause of the increase in the concentration of gases responsible for the greenhouse effect in the atmosphere, with a possible increase of the average temperature of the earth, from 1.8 to 4.0 °C until the year of 2100. With this problematic and demand for the sustainability involved in non-renewable energy sources are biofuels, especially biodiesel. The objective of this work was to study the biodiesel sector and the energy potential of *Acrocomia aculeata* (Macaúba) in order to understand the regulation and the decision making of the sector, together with a proposal for the use of a new clean and sustainable energy alternative . The study in question permeates an analysis of the current panorama of biofuels, through the study in the bibliographical reference, an investigation of the oil of *Acrocomia aculeata* was carried out with pertinent chemical analyzes to discuss the data present in the literature. Due to the high contamination of water resources when using acid catalysts and the impossibility of using basic catalysts due to the Saponification Index, the proposed enzymatic transesterification appears as a solution to this problem, aiming at the energy utilization of macaúba oil for the production of biodiesel sustainable manner.

**KEYWORDS:** Macaúba, Enzymatic Transesterification; Biodiesel; Environmental sociology; Environmental management.

## 1 | INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho foi estudar o setor de biodiesel e o potencial energético da *Acrocomia aculeata* (Macaúba), a fim de apresentar uma proposta de aproveitamento para uma nova alternativa de energia limpa e sustentável. O estudo em questão permeia uma investigação do óleo da *Acrocomia aculeata* com análises químicas pertinentes para discussão dos dados presentes na literatura. Devido à elevada contaminação de recursos hídricos quando se utiliza catalizadores ácidos e a impossibilidade de utilizar catalizadores básicos, devido ao Índice de Saponificação, a proposta de transesterificação enzimática aparece como solução para esse problema, visando o aproveitamento energético do óleo de macaúba para produção de biodiesel de maneira sustentável.

De acordo com dados da ONU<sup>1</sup>, a utilização de combustíveis fósseis é a principal causa do aumento na concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa na

---

1 Organização das Nações Unidas

atmosfera. Como aspectos positivos da utilização dos biocombustíveis, destaca-se o de natureza social, uma vez que contribui para a geração de empregos no setor primário, a permanência do trabalhador no campo, reduz o inchaço das grandes cidades e favorece o ciclo da economia autossustentável, essencial para a autonomia do país. Ainda, no âmbito social, o biodiesel evita a poluição do ar, ao contrário do diesel comum que, lança, na atmosfera, toneladas de dióxido de enxofre, dióxido de carbono, hidrocarbonetos e outras partículas que causam problemas respiratórios e dermatológicos.

Segundo Albuquerque et al. (2008), os biocombustíveis possuem grande potencial para auxiliar no combate ao aquecimento global, contudo os estudos em relação à produção de biocombustíveis derivados de fontes naturais e renováveis, como os vegetais, apresentam-se viáveis por serem capazes de reduzir em até 78% as emissões poluentes, limitando em até 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É nesse contexto que destacamos a *Acrocomia aculeata* (macaúba).

Com a sua ocorrência em todo o país, diversas denominações populares sugeriram, como: macaúba; macaíba; boicaiuva; macaúva; coco-de-catarro; coco-baboso e coco-de-espinho, macaubeira. Segundo Lorenzi (2010), as regiões de predominância mais expressiva da espécie vão do Pará até São Paulo e no Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul em cerradões e matas semidecíduas. Na região da zona da mata mineira predominam plantios de estudos experimentais conduzidos pela Universidade Federal de Viçosa.

Reportando Lima (2015) trata-se de uma palmeira que alcança aproximadamente 20 metros de altura e possui espinhos longos e pontiagudos no caule (Figura 04).



Figura 04. a. Visão panorâmica da *Acrocomia aculeata*. b. Espinhos pontiagudos no caule.

Fonte: Adaptado de NUCCI, 2007.

A *Acrocomia aculeata*, apresenta características botânicas e morfológicas que favorece a redistribuição da água de forma eficiente (CORRÊA, 2014, apud LIMA, 2015). De acordo com Dias (2011), a copa da planta em forma de funil, com folíolos funcionando como pequenas calhas são capazes de direcionar a água da chuva interceptada para a região central da folha e dirigi-la para o estipe, espinhos e pelos do caule. Desta forma, aumentam a área de captação da água mantendo a umidade e a temperatura microclimática.

A macaúba possui caule simples, sempre cilíndrico, quando adulta a planta apresenta diâmetro de 20 a 30 cm e altura de 10 a 20 m, com presença de pelos e folhas associadas a espinhos, principalmente em plantas jovens. (LORENZI et al. 2004). Corrêa (2014) acrescenta que a planta possui de 10 a 30 folhas por unidade, pinas irregularmente dispostas e inseridas em planos diferentes ao longo da raque, inflorescências interfoliare e flores pistiladas na base dos ramos. De acordo com Lorenzi (2010), os frutos são globosos, epicarpo lenhoso verde-amarelado, com 3,5 a 5,0 cm de diâmetro, com mesocarpo amarelado fibroso-mucilaginoso, comestível e bastante oleoso.

Neste sentido, as análises/estudos que envolvem um balanço energético favorável, de modo especial, a produção de biodiesel, a diminuição da emissão de gases do efeito estufa, a ciclagem de nutrientes em culturas anuais e a otimização das áreas produtivas, têm sido valorizados, uma vez que buscam alternativas que proporcionem a substituição parcial ou total da utilização dos combustíveis de origem fóssil (CHERUBINI et al., 2009; SOUZA et al., 2010). De acordo com a literatura, as propriedades morfológicas e botânicas da macaúba, permitem afirmar que a planta possui um incrível potencial energético, ambiental e social, qualidades que justificam a implantação e manutenção de um empreendimento agrário.

## 2 | CARACTERÍSTICAS DO FRUTO E ÓLEO

Segundo Massote et al. (2013), na metodologia para geração de energia é fundamental dispor de ferramentas para avaliação do balanço de material, tempo e energia produzida. Diante dessa necessidade, a Embrapa tem desenvolvido estudos com a macaúba na região de Minas Gerais e em parceria com a Universidade Federal de Viçosa. Em junho de 2008 a Embrapa divulgou o documento 217, de autoria dos pesquisadores Cargnin, Junqueira & Fogaça (2008), no qual apresentam a descrição sobre o potencial da macaúba, como matéria prima para a produção de biodiesel. Nesse documento 217 consta a divulgação do rendimento da planta (Kg de óleo por hectare) descrito na Tabela 02, a seguir.

Plantas por hectare	Rendimento de Kg de óleo por hectare
100	1840 – 2300
123	2264 – 2829
156	2879 -3588
216	3974 – 4968

Tabela 02. Produção de óleo da macaúba em função da densidade das plantas

Fonte: Adaptado. Cargnin, Junqueira & Fogaça (2008). Doc. 217 Embrapa

A partir de 2013 o cultivo da palmeira começou a ser realizado visando à produção de biodiesel e seu uso vem crescendo gradativamente ao longo dos anos (CÉSAR, et al., 2015). O óleo de soja tem se destacado no Brasil com uma produtividade de cerca de 700 kg de óleo/hectare/ano, quando comparado ao óleo da macaúba percebe-se uma alta produtividade que varia de 1500 a 5000 kg de óleo da polpa/hectare/ano (MICHELIN et al., 2015).

O óleo presente no fruto da macaúba pode ser extraído para produção do biodiesel utilizando tanto a polpa quanto a amêndoa. Porém, Souza et al. (2010) destaca que os teores de óleo são ligeiramente maiores na polpa (60%), em relação à amêndoa (55%). O óleo extraído da polpa da caracteriza-se pelo seu alto percentual de insaturação, enquanto o da amêndoa tem se destacado por características cosméticas aproveitadas na indústria farmacêutica (DIAS, 2011).

Dentre os diferentes ácidos graxos extraídos da polpa o de com maior potencial para fabricação do biodiesel é o ácido oleico (69,07%) e o palmítico (12,18%) (BHERING, 2016). O ácido oleico é um ácido graxo insaturado de cadeia longa possuindo 18 carbonos na sua estrutura (AMARAL et al., 2011). Bhering (2016) observou que os óleos ácidos podem reduzir o rendimento e até mesmo inviabilizar a produção de biodiesel. Dourado et al. (2015) caracterizou o perfil de ácido graxo do óleo de Macaúba, os índices obtidos pelo autor foram de 78,5% de ácidos graxos insaturados com predominância do ácido oleico (53,4%) seguido do ácido linoleico (17,7%) e 21,5% de ácidos graxos saturados com ácido palmítico em maior percentual (18,7%). A Tabela 03, a seguir mostra uma caracterização química dos diferentes ácidos graxos extraídos da amêndoa e polpa do fruto da macaúba.

Ácidos graxos (%)	Óleos de macaúba	
	Amêndoa	Polpa
Ácido Cáprílico 8:0	5,22	
Ácido Cáprico 10:0	4,56	-
Ácido Laurício 12:0	44,14	1,56
Ácido Mirístico 14:0	8,45	0,49
Ácido Palmítico	6,57	12,18
Ácido Esteárico 18:0	2,11	2,64
Ácido Oléico 18:1 (9)	25,76	69,07
Ácido Linoleico 18:2(9,12)	3,19	6,77

Ácidos graxos (%)	Óleos de macaúba	
	Amêndoa	Polpa
Ácido Palmitoleico 16:1(9)	-	1,36
Ácido Oléico Trans 18:(9)	-	2,47
Ácido Docosadenoico	-	1,77
Ácido Docosahexanoico	-	1,69
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabela 03. Porcentagem dos diferentes ácidos graxos extraídos da amêndoa e polpa da macaúba

Fonte: Adaptado de Amaral et al. (2011)

Politi, Matos & Sales (2013) ressaltam que além das perspectivas econômicas, os óleos vegetais devem apresentar propriedades físico-químicas específicas, tais como a viscosidade, ponto de fulgor, ponto de fluidez e estabilidade oxidativa. Segundo Ramos et al. (2007), o óleo da polpa de macaúba desponta como promissor para a produção de biodiesel pois apresentam características satisfatórias, dentre elas um elevado teor de carotenoides, que atuam como antioxidantes e podem proporcionar melhor estabilidade oxidativa ao biodiesel. Porém é imprescindível ressaltar que é necessário verificar a acidez do óleo a fim de atestar a qualidade do produto e desenvolver metodologia apropriada para produção de biodiesel (MACHADO et al., 2015). Iha et al. (2014) ressalta que o índice de acidez no óleo da polpa de macaúba é elevado, entre, 65 a 112 mg de KOH g<sup>-1</sup>, tal fato indica elevada presença de AGL. Dourado et al. (2015) determina o índice de acidez total (91,11 mg KOH/g), índice de saponificação (198,7 mg KOH/g).

### 3 | ANÁLISE DO ÓLEO NOS FRUTOS DE MACAÚBA COLETADOS NA FAZENDA EXPERIMENTAL

De acordo com os potenciais demonstrados nos estudos de revisão bibliográfica, realizou-se um estudo com os frutos da *Acrocomia aculeata* coletados na fazenda experimental da Universidade Federal de Viçosa. Procurou-se inferir sobre a qualidade do óleo para produção do biodiesel. Através das análises químicas de Índice de Saponificação, Peróxidos e Teor de Umidade, realizadas no Laboratório de Análise de Produtos Alimentícios – LAPA/UFV. A Tabela 04 demonstra os resultados encontrados.

Análises	Resultados
Índice de peróxidos	Abaixo do Limite de Detecção
Índice de saponificação	229,5
Teor de umidade	0,2 g/100g

Tabela 04. Análises químicas realizadas no LAPA/UFV

Fonte: Análises LAPA/ UFV. Realizadas em Julho/2016

O Índice de Peróxido avalia o estado de oxidação inicial de um óleo. É expresso em miliequivalentes de oxigênio ativo por quilograma de gordura (meq/kg). Peróxidos ocorrem e aumentam quando os frutos não são sãos, íntegros, apresentam machucaduras e quando o óleo não é protegido da luz, do calor ou armazenado em recipientes inadequados (AOCS, 1988). O resultado encontrado abaixo do limite de detecção, indica a baixa presença de peróxidos, inferido a boa qualidade e o baixo tempo entre a colheita, despulpção e análises.

O Índice de Saponificação é o número que representa a massa (em miligramas) de hidróxido de potássio necessária para saponificar 1 g de óleo ou gordura (AOCS, 1988). O resultado elevado indica a presença elevada de AGL, como já trabalhada na Tabela 03. Tal identificação é importante, pois impede a utilização de um catalizador básico na produção do biodiesel, tal catalizador iria favorecer a reação secundária de produção da glicerina (Sabão), fato esse que ressalta a importância de se trabalhar com a proposta de transesterificação enzimática para produção do biodiesel de macaúba.

O Teor de Umidade é outro requisito importante, pois é interessante que o material graxo possua baixo teor de umidade. Isto porque a água desloca o equilíbrio químico em favor da hidrólise do alcóxido, produzindo o álcool correspondente e o hidróxido do metal utilizado como contra-íon do alcóxido (SCHUCHARDT et al, 1998). Além disso, a presença de água pode induzir a hidrólise dos monoésteres produzidos, aumentando assim a possibilidade da formação de emulsões e de uma consequente redução no rendimento do processo.

#### **4 | O BIODIESEL DE MACAÚBA**

O biodiesel é um éster monoalquílico de ácidos graxos derivados de lipídeos de ocorrência natural, como de animais e plantas, produzido através da reação de triacilgliceróis com um álcool (etanol ou metanol), na presença de um catalisador ácido ou básico (COSTA, OLIVEIRA & PIRES, 2015). Souza & Ferrari (2007) destacam que além de reduzir a emissão de gases poluentes, o biodiesel pode melhorar a ignição e lubrificação dos motores, somados também ao fato do manuseio e estocagem serem considerados mais seguros em comparação ao diesel.

Reportando a afirmação de Ilha et al. (2014) sobre o alto índice de acidez no óleo da polpa de macaúba, entre 65 a 112 mg de KOH g<sup>-1</sup>, tal indicação é devido a presença de AGL, impossibilitando sua utilização comercial através do método convencional, utilizando catálise homogênea alcalina para produção de biodiesel. De acordo com El-Mashad et al. (2008), a presença de ácidos graxos em conjunto com catalisadores básicos leva à formação de sabão, o que dificulta a separação e diminui o rendimento da reação.

Segundo Galvão et al. (2010, apud, COSTA et al., 2015), a oxidação do biodiesel ocorre quando exposto ao ar. Este processo afeta a qualidade do combustível,



principalmente em decorrência dos longos períodos de armazenamento. Sendo assim se torna necessário a inclusão de antioxidantes (naturais e/ou sintéticos) com a finalidade de aumentar a estabilidade do biodiesel durante o período de armazenamento. Dourado et al. (2015) destaca que quase todos os parâmetros de caracterização físico-química da amostra de biodiesel metílico de macaúba esta de acordo com os limites e especificação obrigatórias. Excetua-se o da estabilidade à oxidação, tal fato recomenda a adição de antioxidante (COSTA et al., 2015). Na Tabela 04 esta descrita à caracterização do biodiesel da macaúba.

Análises	Resultados	Especificação	Métodos
Aspecto	LII	LII	Visual
Massa específica a 20°C (kg/m <sup>3</sup> )	877,8	850-900	ABNT NBR 14065
Viscosidade cinemática 40°C (mm <sup>2</sup> /s)	4,55	3,0-6,0	ABNT NBR 10441
Teor de água Karl-Ficher (mg/Kg)	345	350	ASTM D 6304
Ter de contaminação total (mg/Kg)	22	24	EN ISO 12662
Ponto de fulgor Pensky-Martens (°C)	170	min. 100	ABNT NBR 14598
Análises	Resultados	Especificação	Métodos
Teor de éster (% m/m)	97,8	min. 96,5	EN 14103
Resíduo de carbono (%m/m)	0,014	máx. 0,05	ASTM D 4530
Teor de cinzas sulfatadas (%m/m)	0,01	máx. 0,02	ABNT 6294
Teor de enxofre total (mg/Kg)	9,2	máx. 10	ASTM D 4530
Sódio+Potássio (mg/Kg)	< 3	máx. 5	ABNT NBR 15553
Cálcio+Magnésio (mg/Kg)	< 1	máx. 5	ABNT NBR 15553
Teor de fósforo (mg/Kg)	< 1	máx. 10	ABNT NBR 15553
Corrosividade ao cobre (3h a 50 °C)	1 <sup>a</sup>	1	ASTM D 130
Ponto de entupimento a filtro frio (°C)	13	19	ABNT NBR 14747
Índice de acidez (mgKOH/g)	0,485	0,5	ABNT NBR 14448
Glicerina Livre (%m/m)	0,004	0,02	ASTM D 6584
Glicerina total (%m/m)	0,085	0,25	ASTM D 6584
Estabilidade à oxidação a 110°C (h)	6,82	min. 6	EN 14112
Monoglicerídeos (% m/m)	0,242	0,8	ASTM D 6584
Diglicerídeos (%m/m)	0,071	0,2	ASTM D 6584
Triglicerídeos (%m/m)	0,074	0,2	ASTM D 6584
Índice de lodo (g/100g)	78,9	anotar	EN 14111

Tabela 04. Parâmetros do biodiesel da macaúba

Fonte: Adaptado de Dourado et al., 2015.

De acordo com Machado e Giordani (2014), o processo mais utilizado para produção de biodiesel é o de transesterificação, no qual os triglicerídeos reagem com álcoois de cadeia curta, na presença de um catalisador. Segundo Brieu (2009), em todas as partes do mundo existem vários processos utilizados para produção de biodiesel, porém a transesterificação por apresentar uma tecnologia simples e de baixo custo é o mais recomendado.

## 5 | A PROPOSTA DE TRANSESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA

De acordo com Goldemberg (2008), a transesterificação é fundamental, pois reduz a viscosidade, os pontos de fulgor e de solidificação, quando comparados ao óleo original. Reportando Ferreira et al. (2015), esta modificação da estrutura dos óleos vegetais é uma alternativa para substituição do óleo diesel por um combustível oriundo de biomassas renováveis e inesgotáveis, biodegradável e não tóxico, o que permite classificá-lo como “ecologicamente correto”. A transesterificação é utilizada como rota alternativa para modificação de óleo, com vistas à produção de biodiesel e indicada para matérias primas com elevada acidez. Em geral essa reação é realizada utilizando catalisadores homogêneos ácidos, os quais apresentam baixas taxas de reações (LIU et al., 2015).

Ghesti et al. (2011) ressalta que o número de duplas ligações dos ácidos graxos facilita a reação de transesterificação dos óleos. Do ponto de vista bioquímico, o biodiesel produzido por meio de óleo vegetal, provém da reação de ácido graxo com álcool etílico (etanol) ou metílico (metanol), originando um éster (FERREIRA et al., 2015). A utilização dos métodos convencionais com catalisadores sintéticos, ácidos ou básicos, apresentam algumas desvantagens como o elevado custo de purificação dos produtos e os mesmos podem apresentar traços do catalisador, caso não seja removido adequadamente (LÓPES, et al., 2015). Segundo Jiang et al. (2013), a corrosividade e o número elevado de efluentes são entraves para um uso sustentável do método

Segundo YE et al. (2016) o biodiesel, ou éster alquila de ácido graxo ( $R'COOR$ ), é considerado um combustível limpo e renovável que pode ser produzido por transesterificação de triglicerídeos (TG), oriundos de em óleos vegetais ou gorduras animais com baixo peso molecular, semelhante ao óleo da polpa de macaúba, e álcool (ROH), sob condições críticas ou na presença de catalisador, como enzimas ou compostos químicos de natureza ácida ou alcalina (GONZALES, 2012).

Com isso a Figura 07 apresenta a reação química de transesterificação e suas três etapas.

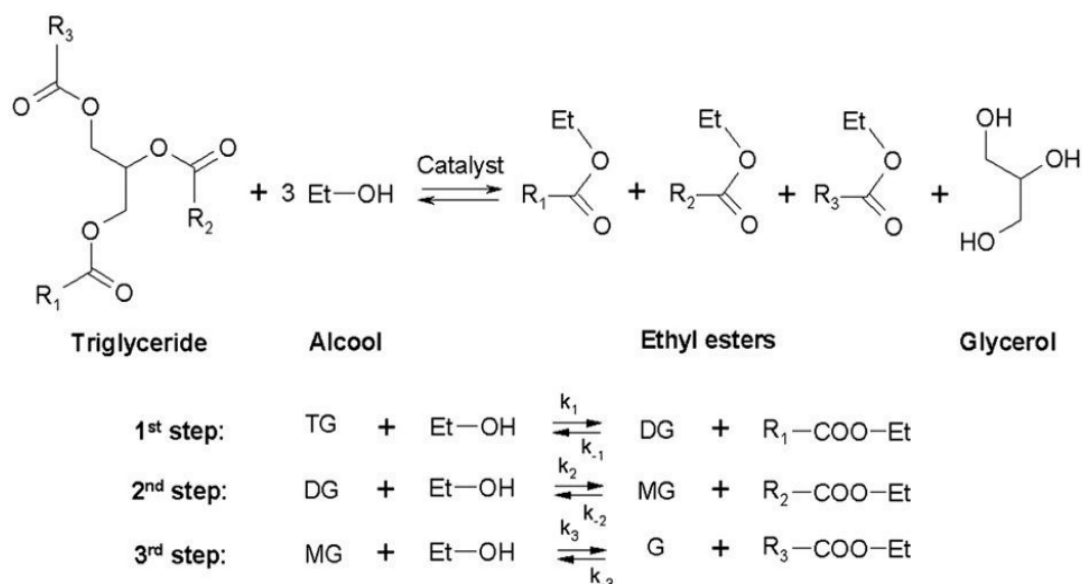


Figura 07. A Reação de Transesterificação

Fonte: Adaptado de YE et al., 2016.

Segundo Lima (2008), os produtos da transesterificação são a glicerina, presente na fase inferior e os ésteres (biodiesel), presentes na fase superior. Ressalta-se que a principal vantagem do processo de produção de biodiesel pela rota enzimática é que os triglicerídeos, bem como, os ácidos graxos livres, podem ser eficientemente convertidos em biodiesel, gerando o glicerol em menores quantidades como coproduto da reação (NIELSEN et al., 2008).

Segundo Batistella et al. (2012), embora exista a vantagem técnica e econômica ressaltada por Nielsen (2008), o elevado custo de produção de enzimas em escala comercial continua a ser o maior obstáculo no processo enzimático. Assim, estudos que possibilitem encontrar intervalos ótimos, potencializando a ação enzimática têm sido bastante incentivados. Além disso, outra contribuição tem sido a realização de pesquisas com o uso de solventes tolerantes, enzimas comerciais e não comerciais e novas tecnologias para a imobilização de lipases, que visa tornar o catalisador reutilizável para produção de biodiesel (NIELSEN et al., 2008). A Figura 08, a seguir mostra um diagrama para a produção do biodiesel.

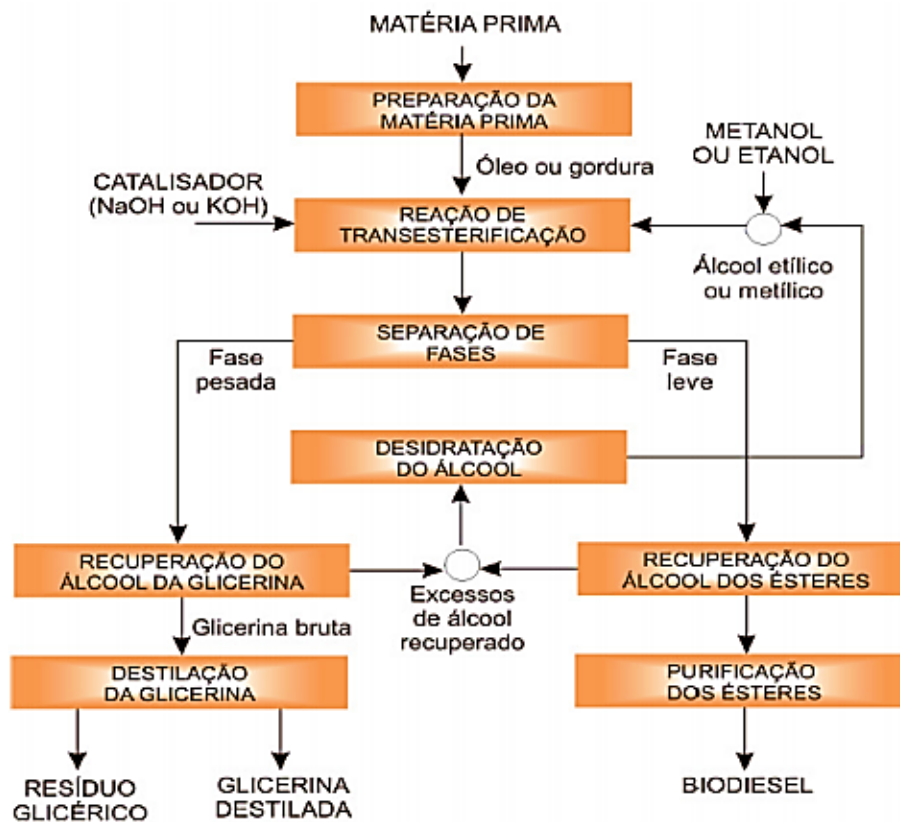


Figura 08. Diagrama para produção do biodiesel.

Fonte: Ferrés, 2010.

Atualmente o biodiesel é preferencialmente preparado com a utilização de catalisadores alcalinos como, metóxidos e hidróxidos de sódio e potássio. No entanto, este processo não é recomendado com matérias primas que apresentem um alto teor de ácidos graxos livres, como é o caso da macaúba. Segundo Aranda et al. (2009) pode ser realizada uma transesterificação enzimática, o que poderá contribuir para diminuir ou até eliminar a formação de glicerina. De acordo com Castro et al. (2004), a utilização de enzimas apresenta um vantagem pois possibilita a ação em condições mais brandas de reação e maior especificidade, gerando menos produtos indesejáveis. As enzimas, em geral, são proteínas que atuam como catalisadores acelerando a velocidade das reações, que pode ser até 1012 vezes maior do que as reações não catalisadas (BENEVIDES, 2013).

As enzimas proveniente dos microorganismos *Candida antarctica*, *Candida sp.*, *Pseudomonas cepaci*, *Pseudomonas fluorescens*, *Rhizomucor miehi*, *Porcine pancreatic*, *Chromobacterium viscosum*, *Burkholderia cepacia* e *Thermomyces lanuginosus* são as mais utilizadas para produção de catalisadores enzimáticos (TAN et al., 2010). Na Figura 09 pode-se ver a embalagem comercial de duas enzimas utilizadas no processo.

De acordo com o estudo de Benevides (2013), a enzima proveniente de *Candida antarctica* apresentou ótimas taxas de conversão em diferentes temperaturas e concentrações. O mesmo autor destaca que a enzima proveniente de *T. lanuginosa*

apresentou melhor rendimento em temperaturas mais baixas, a temperatura ótima para ação dessa enzima foi de 32,2 °C.

De acordo com Nasaruddin, Alam & Jami (2014) a busca para solucionar esses problemas, sobretudo a presença de AGL nos óleos vegetais (como o da polpa de macaúba), está na utilização da transesterificação enzimática que desponta com um futuro promissor, em especial por apresentar vantagens como: produzir ésteres de ácidos graxos utilizando menor número de etapas de processo, com menor custo energético, visto que se elimina a etapa de lavagem com água e permite a reutilização do catalisador (SKORONSKI et al., 2010).

## **6 | O USO DO ULTRASSOM COMO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA ACELERAR A TRANSESTERIFICAÇÃO**

Na transesterificação pode se utilizar o ultrassom como substituição do processo de produção convencional, o qual emprega a agitação mecânica, uma vez que as cavitações<sup>2</sup> (YU et al., 2010). Segundo Lee et al. (2012) essas cavitações são provocadas por ondas sônicas, em ciclos rápidos de compressões e descompressões. Segundo YU et al. (2010) essas ondas geradas pelo ultrassom aumentam a miscibilidade entre os reagentes, fornecendo energia necessária para a reação, reduzem o tempo de reação, reduz a quantidade de reagentes e aumenta o rendimento e a seletividade da reação.

De acordo com Bahadar et al. (2013) quando um líquido é assistido por ultrassom, existem dois principais mecanismos nos quais células e outras estruturas podem ser alteradas, cavitação e transmissão acústica. A Cavitação se refere a produção de microbolhas no líquido devido a aplicação de ultrassom (ADAM et al., 2012). Segundo Gerde et al. (2012) eventualmente pode ocorrer uma instabilidade, pois as bolhas continuam a se expandir e contrair, podendo até implodir violentamente.

De acordo com Lee et al. (2012) a Transmissão acústica é o mecanismo que facilita a mistura da solução. Os mesmos autores afirmam que há muitos estudos mostrando o ultrassom como promessa de melhora da hidrólise enzimática. A Figura 10 mostra o processo de cavitação acústica.

De acordo com Paiva et al. (2013), a utilização do ultrassom pode ser aplicada a processos que são limitados pela transferência de massa, como a transesterificação alcalina de óleos, de acordo com o autor esse procedimento tende a reduzir o tempo, melhorar a purificação e diminuir o gasto energético. Segundo Lee et al. (2012) tal metodologia pode ser adaptada para processos em escala industrial.

Os autores Machado e Giordani (2014) afirmam que nesse sentido o processo de transesterificação enzimática, assistido por ondas de ultrassom, pode viabilizar a utilização de matérias primas com altos teores de ácidos graxos livres, como óleo de

---

2 Formação, aumento e implosão de bolhas no meio reacional (YU et al., 2010).

*Acrocomia aculeata*, e com isso reduzir o custo de produção de biodiesel. Segundo Silva et al. (2013) tais procedimentos levam ao desenvolvimento sustentável e promovem a ecoeficiência, uma vez que essa está diretamente relacionada com a redução de perdas, diminuição da utilização de matérias primas e de geração de resíduos, bem como um melhor aproveitamento energético de fontes renováveis de matéria prima.

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto neste trabalho, percebe-se que a cultura da macaúbeira apresenta elevado potencial de produção de biodiesel, porém através dos estudos realizados no Laboratório de Análises de Produtos Alimentícios da UFV constatou que óleo possui elevado Teor de Saponificação, fato que impossibilita a utilização de catalizadores básicos na reação de produção do biodiesel.

Devido à elevada contaminação de recursos hídricos quando se utiliza catalizadores ácidos e a impossibilidade de utilizar catalizadores básicos, devido ao Índice de Saponificação, a proposta de transesterificação enzimática aparece como solução para esse problema, visando o aproveitamento energético do óleo de macaúba para produção de biodiesel de maneira sustentável.

O uso do ultrassom junto com a transesterificação enzimática pode representar um ganho de rendimento na produção do biodiesel, uma vez que a *Acrocomia aculeata* apresenta altos teores de ácidos graxos livres, e esse processo, pode reduzir o custo de produção de biodiesel.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; BRANT, R. S.; ROCHA, G. R.; JARDIM, R. R. **Seletividade de herbicidas para o pinhão manso. In: Congresso Brasileiro de Mamona – Energia e Ricinoquímica**, 3. Resumos... Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008.

AMARAL, F. P. do; BROETTO, F.; BASTITELLA, C. B.; JORGE, S. M. A. **Extração e Caracterização Qualitativa do Óleo da polpa e Amêndoas de Frutos de Macaúba [*Acrocomia Aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Mart] Coletada na Região de Botucatu, SP.** Revista Energia na Agricultura, Vol. 26, n.1, p.12-20. Botucatu, São Paulo. 2011.

AOCS - **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society** (Method AOCS Ca 5a-40), ed. 5, Champaign, 1998.

ARANDA, D. A. G.; GONÇALVES, J. de; PERES, J. S.; RAMOS, A. L. D.; MELO JUNIOR, C. A. R. de; ANTUNES, O. A. C.; FURTADO, N. C.; TAFT, C. A. **The use of acids, niobium oxide, and zeolite catalysts for esterification reactions.** Journal of Physical Organic Chemistry, v. 22, p. 709-716, 2009.

BAHADAR, A.; KHAN, M. B. **Progress in energy from microalgae: A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 27, p. 128-148, 2013.

BATISTELLA, L.; LERIN, L. A.; BRUGNEROTTO, P.; DANIELLI, A. J.; TRENTIN, C. M.; TREICHEL, H.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D. **Ultrasound-assisted lipase-catalyzed transesterification of soybean oil in organic solvent system.** Journal Ultrason Sonochem, 2012, v19, 452. Doi: 10.1016/j.ultsonch.2011.11.018

BENEVIDES, L. C. **Transesterificação Enzimática de Gordura com Alto Índice de Acidez.** São Mateus: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo. 2013.

BHERING, L. **Macaúba: Matéria-prima nativa com potencial para a produção de biodiesel.** Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21272&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em 04 abril 2016.

CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. **Potencial da Macaubeira como Fonte de Matéria-prima par Produção de Biodiesel.** Embrapa Cerrados. Planaltina, Distrito Federal. Junho, 2008.

CASTRO, H. F. de; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C. dos. **Modificação de óleos e gorduras por biotransformação.** Revista Quimica Nova, v. 27, n. 1, p. 146–156, 2004.

CÉSAR, A. S.; ALMEIDA, F. de A.; SOUZA, R. P.; SILVA, G. C.; ATABANI, A. E. **The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 49, 1213-1220, 2015.

CHERUBINI, F.; BIRD, N.D.; COWIE, A.; JUNGMEIER, G.; SCHLAMADINGER, B.; WOESS-GALLASCHA S. **Energy and greenhouse gas based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations.** Journal Resources, Conservation and Recycling. v.53, n.1. p. 434–447, 2009.

CORRÊA, J. B. L. **Processos Hidrológicos Quantitativos e Parametros de Qualidade da Água na Cultura de Macaúba (*Acrocomia aculeata*), Araponga – MG.** 49p. tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2014.

COSTA, L. V.; OLIVEIRA, E. C. A. M.; PIRES, N. R. **Biodiesel: Mamona e Dendê como Culturas Energéticas.** Revista Eletrônica de Energia. v.5, n.2, p.90-99. Dezembro, 2015.

DIAS, H. C. T. **Cultivo da macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, v 32, n. 265, p. 52-60, Nov./Dez. 2011.

DOURADO S. S.; NASCIMENTO, R. F. M.; SOARES, O. R.; SILVA, E. F.; CAVALCANTI, E H. S.; PEDROSO, L. R. M.; ARANDA, D. A. G. **Rota de Produção de Biodiesel de Óleo de Macaúba (*Acrocomia Aculeata*) por Esterificação Seguida de Transesterificação.** Quinquagésimo Congresso Brasileiro de Química – CBQ. Goiana, GO. Novembro, 2015. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2015/trabalhos/8/7458-16678.html>> Acesso em: 14/07/16.

FERREIRA, C. J. R.; KISUFURI, T. C.; FLUMINHAN, A.; GRIGOLI, A. A. **Análises de Parâmetros Físico-Químicos do Óleo Extraído de Espécies Vegetais Utilizadas para a Produção do Biodiesel.** Revista Colloquium Exactarum, v. 7, n.2, p.130 –141. Abr-Jun. 2015.

GOLDEMBERG, J. **Bioenergia no estado de São Paulo: situação atual, perpectivas, barreiras e propostas.** São Paulo: 152p. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008.

GONZALEZ, S. L. **Produção continua de biodiesel por transesterificação de óleo do fruto de macaúba (*Acrocomia aculeata*) e óleo de fritura em metanol e etanol. Supercrítico.** 2012. 251 f. Tese – (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

- GHESTI, G. F.; MACEDO, J. L. de; DIAS, J. A.; DIAS, S. C. L. **Produção de Biodiesel Via Transesterificação Etilica com Zeólitas Básicas**. Revista Química Nova. v.35, n.1, p.119-123. Agosto, 2011.
- IHA, O. K.; ALES, F. C. S. C.; SUAREZ, P. A. Z.; OLIVEIRA, M. B. F. de; MENEGETTI, S. M. P.; SANTOS, B. P. T.; SOLETT, J. I. **Physicochemical properties of *Syagrus coronata* and *Acrocomia aculeata* oils for bio fuel production**. Industrial Crops and Products, v. 62, 318–322, 2014.
- JIANG, Y.; LUB, J.; SUNA, K.; MAA, L.; DINGA, J. **Esterification of oleic acid with ethanol catalyzed by sulfonated cation exchange resin: Experimental and kinetic studies**. Energy Conversion and Management, v. 76, 980-985, 2013. DOI: 10.1016/j.enconman.2013.
- LEE, A. K.; LEWIS, D. M.; ASHMAN P. J. **Disruption of microalgal cells for the extraction of lipids for biofuels: processes and specific energy requirements**. Journal Biomass and Bioenergy, v. 46, p. 89–101, 2012. DOI: doi:10.1016/j.biombioe.2012.
- LIMA, D. R. **Produção de ésteres etílicos (biodiesel) a partir da transesterificação básica de óleo residual**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- LIMA, C.F. **Monitoramento Hidrológico da Microbacia do Janjão, com Platio da *Acronomia aculeata*, no Município de Viçosa, MG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 15p. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2014.
- LIU, W.; YIN, P.; LIU, X.; ZHANG, S.; QU, R. **Biodiesel production from the esterification of fatty acid over organophosphonic acid**. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 21, 893–899, 2015. Doi: 10.1016/j.jiec.2014.04.029.
- LÓPES, B. C.; CERDÁN, L. E.; MEDINA, A. R.; LÓPEZ, E. N.; VALVERDE, L. M.; PEÑA, E. H.; MORENO, P. A. G.; GRIMA, E. M. **Production of biodiesel from vegetable oil and microalgae by fatty acid extraction and enzymatic esterification**. Journal of Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 119, 706-711, 2015. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2014.11.002
- LORENZI, H. **Flora Brasileira: Arecaceae (palmeiras)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M., J.T. de Medeiros Costa, L.S.C. de Cerqueira & E. Ferreira. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2004. 432 p. 15.
- MACHADO, S. A.; GIORDANI, D. S. **Obtenção de Biodiesel a Partir de Óleo de Amêndoa de Macaúba Utilizando Ondas Ultrassônicas**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ. Florianópolis, SC. Outubro, 2014. Disponível em: < <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1013-21656-147410.pdf>> Acesso em: 14/07/16.
- MACHADO, W.; GUIMARÃES, M. F.; LIRA, F. F.; SANTOS, J. V. F.; TAKAHASHI, L. S. A.; LEAL, A. C.; COELHO, G. T. C. P. **Evaluation of two fruit ecotypes (total and sclerocarpa) of macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. Industrial Crops and Products, v. 63, 287-293, 2015.
- MASSOTE, C. H., R. SANTI, A. M. M. **Implementation of a cleaner production program in a Brazilian wooden furniture factory**. Journal of Cleaner Production. Vol. 46, p. 89-987. 2013.
- MICHELIN, S.; PENHA, F. M.; SYCHOSKI, M. M.; SCHERER, R. P.; TREICHEL, H.; VALÉRIO, A.; DI LUCCIO, M. DE OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J. V. **Kinetics of ultrasound assisted enzymatic biodiesel production from Macauba coconut oil**. Renewable Energy, v. 76, 388-393, 2015.



NASARUDDIN, R.; ALAM, Z.; JAMI, M. S. **Evaluation of solvent system for the enzymatic synthesis of ethanol-based biodiesel from sludge palm oil (SPO)**. *Bioresource Technology*, v. 154, 155-161, 2014. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.11.095.

NIELSEN, P.M., BRASK, J., FJERBAEK, L. **Enzymatic biodiesel production: Technical and economical considerations**. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008, v.110, p.692-700. DOI: 10.1002/ejlt.200800064

NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genética de população de macaúba**. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) - Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo. 2007.

## **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

