

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

Leonardo Tullio
(Organizador)



2020 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2020 Os autores
Copyright da Edição © 2020 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Luiza Batista
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, inclusive não representam a posição oficial da Atena Editora. 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. Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Editora Chefe

Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a 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. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
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
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
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
Profª Drª. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Fontes de biomassa e potenciais de uso 2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Leonardo Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
F683	Fontes de biomassa e potenciais de uso 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-207-4 DOI 10.22533/at.ed.074202107 1. Biocombustíveis. 2. Biomassa – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo. CDD 333.9539
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Fontes de Biomassa e Potências de Uso” aborda em seu segundo Volume uma apresentação de 9 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de energias alternativas. Tema tratado com abordagem sistemática envolvendo o desenvolvimento de técnicas e métodos de aproveitamento da biomassa.

Pesquisar sobre a obtenção de energia com o menor impacto ambiental é sem dúvida o objeto central de estudo global. Com o crescimento populacional novos problemas aparecem, um deles é sem dúvida sobre o reaproveitamento de biomassa como fonte de energia com o menor impacto ambiental. Adotar energias renováveis seria uma das estratégias mais eficientes para esse problema, bem como o reaproveitamento dos recursos limitados.

Assim, necessitamos de inovações tecnológicas que representem impactos positivos no desenvolvimento das cidades. Avaliar a capacidade de geração energética através de diversas fontes serão apresentados nesta obra, resultados promissores na área.

Neste sentido, conhecer casos de sucesso e estudar sobre futuras pesquisas é o propósito deste e-book, levar conhecimento também é ser sustentável, desenvolver estratégias é superar fronteiras e cada vez mais pensar no futuro.

Seja diferente, pense diferente e comece agora, agir com propósitos claros pensando nas gerações futuras. Bons estudos.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
NANOCELULOSES DE FONTES ALTERNATIVAS: OBTENÇÃO, MORFOLOGIAS E APLICAÇÕES	
Emanoel Igor da Silva Oliveira Silvana Mattedi Nadia Mamede José	
DOI 10.22533/at.ed.0742021071	
CAPÍTULO 2	20
A TECNOLOGIA DA BIOMASSA COMO INSUMO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ECOEFICIENTE	
Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira Raquel Nazário da Rosa Prado	
DOI 10.22533/at.ed.0742021072	
CAPÍTULO 3	28
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA DO BIODIGESTOR ALIMENTADO COM RESÍDUOS DOMÉSTICOS EM UM RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE LAGES/SC	
Lucas de Bona Sartor Taciana Furtado Ribeiro Mariáh de Souza Lais Sartori Bruna da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0742021073	
CAPÍTULO 4	36
OTIMIZAÇÃO DA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO METÉLICA DO ÓLEO DE SOJA CATALISADA POR SILICATO DE SÓDIO DERIVADO DAS CINZAS DE CASCA DE ARROZ	
Guilherme Canto da Rosa Samuel José Santos Matheus Nunes Claro Rodrigo Eckert Renner João Vitor Braun Luize Kehl Bickel Vinícius Oliveira Batista dos Santos Luiz Antonio Mazzini Fontoura	
DOI 10.22533/at.ed.0742021074	
CAPÍTULO 5	50
ÉSTERES GRAXOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS DE PALMÁCEAS: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	
Vinícius Oliveira Batista dos Santos João Vitor Braun Samuel José Santos Rodrigo Eckert Renner Guilherme da Costa Espíndola Luiz Antonio Mazzini Fontoura	
DOI 10.22533/at.ed.0742021075	
CAPÍTULO 6	63
CATALISADORES UTILIZADOS NA REAÇÃO DE HIDRODESOXIGENAÇÃO PARA MELHORIA DO BIO-ÓLEO DE PROCESSAMENTO DA BIOMASSA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Maria Luiza Andrade da Silva	

Maria Carolina Granja Correia
Milena Argollo de Mendonça
Milena Maria Ferreira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0742021076

CAPÍTULO 7 76

REMOÇÃO DOS CORANTES AZUL ÍNDIGO E PRETO REATIVO 5 DO MEIO AQUOSO UTILIZANDO A CASCA DA CANA DE AÇÚCAR E A CASCA DE MILHO COMO BIOADSORVENTES

Ana Nery Furlan Mendes
Isabella Ramos Silva
Drielly Goulart
Ana Paula Oliveira Costa
Christiane Mapheu Nogueira
Vivian Chagas da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.0742021077

CAPÍTULO 8 93

PONTO DE FLUIDEZ, VISCOSIDADE E DENSIDADE DE BIODIESEIS METÁLICOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS

Ismael Barbosa Paulino
Joselaine dos Santos Dias
Rodrigo Schneider
Samuel José Santos
Bruno Levandosky Coelho dos Santos
Luan Weber dos Santos
Luiz Antonio Mazzini Fontoura

DOI 10.22533/at.ed.0742021078

CAPÍTULO 9 105

ABSORÇÃO DE IMPACTO EM PAINÉIS HONEYCOMB DE BAMBU

Wellington Bazarim Verissimo
Pedro Franchi Ruiz
Felipe Frizon
Sullivam Prestes de Oliveira
Bruno Bellini Medeiros
Fabiano Ostapiv

DOI 10.22533/at.ed.0742021079

SOBRE O ORGANIZADOR..... 111

ÍNDICE REMISSIVO 112

PONTO DE FLUIDEZ, VISCOSIDADE E DENSIDADE DE BIODIESEIS METÁLICOS DERIVADOS DE ÓLEOS E GORDURAS

Data de aceite: 15/07/2020

Data de submissão: 15/05/2020

Ismael Barbosa Paulino

Curso de Química Industrial
Universidade Luterana do Brasil
Canoas – Rio Grande do Sul

Joselaine dos Santos Dias

Curso de Química Industrial
Universidade Luterana do Brasil
Canoas – Rio Grande do Sul

Rodrigo Schneider

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Materiais e Processos Sustentáveis
Universidade Luterana do Brasil
Canoas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3208123491867332>

Samuel José Santos

Centro de Pesquisa em Produto e
Desenvolvimento – CEPED
Universidade Luterana do Brasil
Canoas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8169858276161226>

Bruno Levandosky Coelho dos Santos

Curso de Química Industrial
Universidade Luterana do Brasil
Canoas – Rio Grande do Sul

Luan Weber dos Santos

Curso de Química Industrial
Universidade Luterana do Brasil

Canoas – Rio Grande do Sul

Luiz Antonio Mazzini Fontoura

Centro de Pesquisa em Produto e
Desenvolvimento – CEPED

Universidade Luterana do Brasil

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Materiais e Processos Sustentáveis

Canoas – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/3862879352853151>

RESUMO: O biodiesel é um biocombustível utilizado em motores de combustão interna com ignição por compressão, em substituição total ou parcial ao diesel fóssil. Comparado a este último, o biodiesel apresenta vantagens ambientais, econômicas e de performance. Entretanto, tem maior tendência à oxidação e a formar cristais a baixas temperaturas. O ponto de fluidez, temperatura em que o líquido perde a capacidade de escoar quando submetido ao resfriamento, é uma das formas de avaliar-se o comportamento a frio do biodiesel. Neste trabalho, biodieseis derivados de óleos de soja, girassol, algodão, canola, milho, abacate, cártamo, chia e maracujá, banha suína e gordura de babaçu tiveram seus pontos de fluidez, viscosidades e densidades determinados. As propriedades físicas foram correlacionadas às composições destes biodieseis. Os pontos de fluidez mostraram-se fortemente dependentes da natureza da matéria prima. A tendência à

cristalização é menor em biodieseis com alto teor de cadeias curtas, como o de babaçu ou mais insaturados, como de canola. As viscosidades são influenciadas em menor grau pela composição do biodiesel. Mesmo assim, é possível afirmar que cadeias mais curtas diminuem a viscosidade e que o efeito contrário é observado quando cresce o teor de cadeias insaturadas. Por fim, a densidade mostrou-se pouco afetada pela composição.

PALAVRAS-CHAVE: biodiesel, ponto de fluidez, viscosidade, óleos, gorduras

POUR POINT, VISCOSITY, AND DENSITY OF METHYL BIODIESEL DERIVED FROM OILS AND FATS

ABSTRACT: Biodiesel is a biofuel used in compression ignition internal combustion engines as total or partial substitute for fossil diesel. Compared to the last one, biodiesel presents environmental, economics, and performance advantages. However, it has higher tendency to be oxidized by the air, or to crystalize at lower temperatures. Pour point is the temperature that the liquid stops flowing when chilled, and it is one of the alternatives to evaluate the biodiesel cold properties. In this paper, biodiesels made from soy, sunflower, cotton, canola, corn, avocado, safflower, chia, and passion fruit oils, and pork lard and babassu fat had their pour point, viscosity, and density measured. The physical properties were correlated to the biodiesels compositions. Pour point is closely dependent on the feedstock nature. The tendency to crystalize is lower in biodiesels with high content of short chains, as babassu, or unsaturated chains, as canola. Viscosities are less affected by the biodiesel composition. However, it is possible to claim that short chain fatty esters biodiesels have lower viscosities. The opposite is observed in the high content of unsaturated chain ones. Finally, densities were not extensively influenced by the biodiesel composition.

KEYWORDS: biodiesel, pour point, viscosity, oils, fats

1 | INTRODUÇÃO

O biodiesel é um biocombustível utilizado em motores de combustão interna com ignição por compressão, em substituição total ou parcial ao diesel fóssil (PINTO et al., 2005; RAMOS et al., 2017). O principal processo de produção do biodiesel é a reação de transesterificação alcalina de óleos e gorduras. Na reação, os óleos e as gorduras, que são essencialmente formados por triglicerídeos, reagem com um álcool, etanol ou metanol, na presença de um catalisador. A reação gera uma mistura de ésteres graxos e glicerina.

No Brasil, o biodiesel foi introduzido na matriz energética no ano de 2005, com a permissão de seu uso opcional em misturas de até 2 % com o diesel (B2). Em 2008, tornou-se obrigatório. Desde então, o teor vem subindo gradativamente até os 12 % (B12) praticados desde março de 2020 (ANP, 2020a).

A princípio, a maior parte das fontes graxas comerciais pode ser empregada na produção de biodiesel. No Brasil, em 2019, o óleo de soja e o sebo bovino representaram cerca de 68 e 11 % da produção de biodiesel. As gorduras de porco e frango, e os óleos de algodão, dendê

e milho, juntos, contribuíram com outros 7,5 % (ANP, 2020b).

Além de ser renovável e biodegradável, o biodiesel apresenta muitas outras vantagens frente aos combustíveis fósseis. Do ponto de vista ambiental, contribui menos para o efeito estufa e a chuva ácida, e reduz as emissões de hidrocarbonetos e material particulado para a atmosfera (SAKTHIVEL et al., 2018). Com relação aos aspectos econômicos, incentiva a produção agrícola e o desenvolvimento rural, incluindo a agricultura familiar, além de diminuir a necessidade da importação de petróleo e seus derivados (DEMIRBAS, 2008). Além disso, apresenta diversas propriedades superiores ao diesel, como ponto de fulgor, número de cetano e lubricidade mais elevados, o que garante um desempenho melhor e mais seguro (OTHMAN et al., 2017; SAKTHIVEL et al., 2018). Evidentemente, há desvantagens também, em particular, a menor estabilidade à oxidação (LANJEKAR; DESHMUKH, 2016; YAAKOB et al., 2014) e a tendência à cristalização em temperaturas mais baixas (DWIVEDI; SHARMA, 2014; LANJEKAR; DESHMUKH, 2016) better oxidative stability and cold flow properties. The physicochemical properties of biodiesel strongly depend on their fatty acid composition. A high percentage of unsaturated fatty acid in biodiesel is correlated with higher NO_x emissions, poor oxidative stability and better cold flow properties. The presence of saturated fatty acids (SFA). As duas propriedades são altamente dependentes da natureza da matéria prima (SINGH et al., 2019; YAŞAR, 2020).

O comportamento do biodiesel a baixas temperaturas é avaliado por meio de diversos tipos de ensaios. Um deles é o ponto de fluidez, que é a temperatura em que o líquido perde por completo a capacidade de escoamento (KNOTHE; RAZON, 2017; SIERRA-CANTOR; GUERRERO-FAJARDO, 2017). Neste trabalho, biodieseis derivados de óleos de soja, girassol, algodão, canola, milho, abacate, cártamo, chia e maracujá, banha suína e gordura de babaçu tiveram seus pontos de fluidez, viscosidades e densidades determinados. As propriedades físicas foram correlacionadas às composições destes biodieseis.

2 | PARTE TEÓRICA

Os triglicerídeos (TG), constituintes majoritários dos óleos e gorduras, são ésteres de ácidos graxos (AG) com glicerol. Na forma associada, isto é, nos triglicerídeos, ou na forma livre (AGL), os ácidos graxos apresentam características estruturais bastante peculiares. Em geral, suas cadeias contêm número par de carbono, que varia de 6 a 24. Quando apresentam ligações duplas, de uma a quatro, a geometria é cis, exceto em poucos casos. É comum o uso da notação CX:Y para designá-los, na qual X e Y são os números de carbono e de ligações insaturadas, respectivamente. Nos triglicerídeos, os diversos ácidos graxos apresentam-se em variados arranjos e combinações. Os ácidos graxos mais comuns são o palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2). A Tabela 1 apresenta a composição alguns óleos e gorduras comerciais.

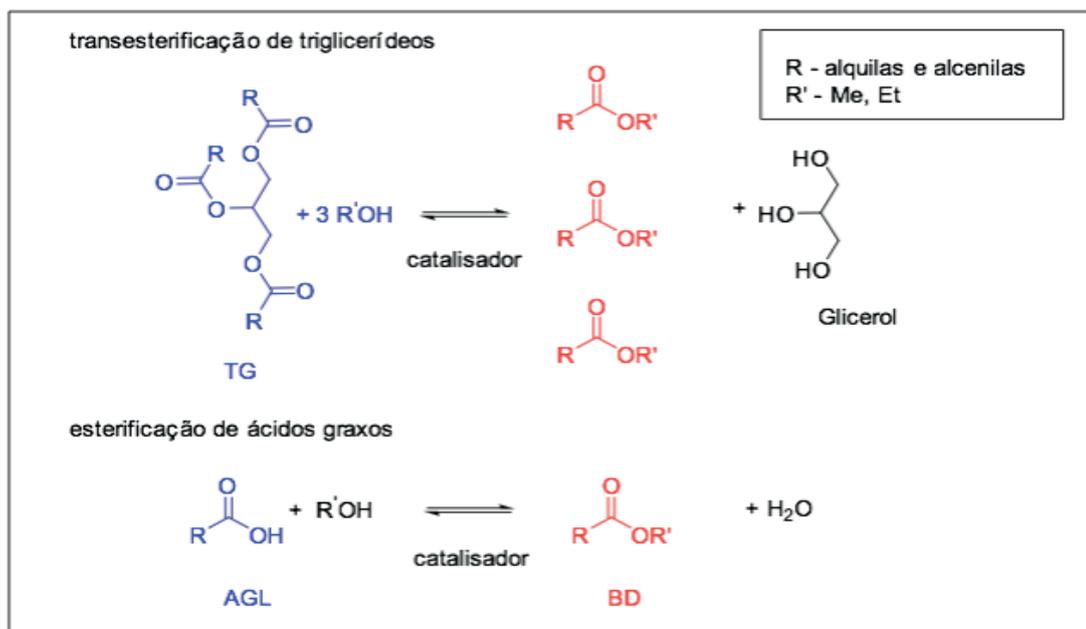
	Abacate	Algodão	Banha	Babaçu	Canola	Cártamo	Chia	Girassol	Maracujá	Milho	Soja
C8:0				4,1							
C10:0				1,7							
C12:0				45							
C14:0			1,3	18,8	0,1	0,1		0,1			0,1
C16:0	22	28,7	22,6	10,3	4,8	8,2	6,7	6,6	14	11,9	10,5
C16:1	12,5		3,5		0,2	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1
C18:0		0,9	9,2	2,3	1,3	2,5	2,5	2,9	7	1,2	2
C18:1	45,2	13	41,8	16,5	64,5	14,2	5,5	33,8	20	35,9	24,9
C18:2	9,7	57,4	17,4	1,3	20,9	74,3	20,9	55	50	48,3	53,4
C18:3			0,5		5,2	0,1	64,3	0,2	1		4,6
outros	10,6	0	3,7	0	3	0,5	0	1,3	8	2,6	4,4
S SCFA	0	0	1,3	69,6	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1
S SFA	22	29,6	33,1	82,2	6,2	10,8	9,2	9,6	21	13,1	12,6
S MUFA	57,7	13	45,3	16,5	64,7	14,3	5,6	33,9	20	36	25
S PUFA	9,7	57,4	17,9	1,3	26,1	74,4	85,2	55,2	51	48,3	58

Tabela 1 – Composição de óleos e gorduras em teores relativos de ácidos graxos.

S SCFA – somatório dos teores de ácidos graxos de cadeias curtas; S SFA – somatório dos teores de ácidos graxos saturados; S MUFA – somatório dos teores de ácidos graxos monoinsaturados; S PUFA – somatório dos teores de ácidos graxos poli-insaturados

Óleos são líquidos a temperatura ambiente apresentando alto teor de cadeias insaturadas. Gorduras, ao contrário, são sólidas, com teores de ácidos graxos saturados acima de 30 %, em geral, como na banha, por exemplo. O óleo de canola (DE OLIVEIRA et al., 2013) contém 65 % de ácido oleico (C18:1). Nos óleos de abacate (SANTANA et al., 2019) e algodão (SANLI; CANAKCI, 2008), esta concentração cai para 40 % aproximadamente. Por outro lado, nestes óleos, o ácido palmítico está presente em 22 % e 29 % respectivamente. Ainda assim, o teor de poli-insaturados é baixo, ao contrário do que ocorre com os demais (DE OLIVEIRA et al., 2013). Os óleos de cártamo (HOEKMAN et al., 2012) e chia (ZANQUI et al, 2014) são notadamente diferentes. O primeiro contém 74 % de ácido linoleico (C18:2) enquanto o último, 64 % de ácido linolênico (C18:3). Por fim, a gordura de babaçu, a exemplo do que ocorre com as de outras palmáceas, difere-se dos óleos e gorduras comerciais comuns pelo teor de ácidos graxos com cadeias mais curtas e saturadas de até 14 carbonos, cerca de 70 %.

O biodiesel é obtido por transesterificação de TG ou por esterificação de AGL, Esquema 1. Os triglicerídeos são matéria primas mais abundantes e a transesterificação é o processo mais empregado industrialmente.



Esquema 1 – Obtenção de biodiesel (BD): transesterificação de triglicerídeos (TG), superior, e esterificação de ácidos graxos livres (AGL), inferior.

A transesterificação de TG ocorre em três ciclos, os quais correspondem à alcoólise de cada grupo acila. Assim, a estequiometria da reação exige três unidades do álcool para cada unidade de TG. Nestas condições, a conversão não é suficientemente alta e um excesso do álcool é normalmente utilizado para deslocar o equilíbrio químico no sentido dos produtos. A reação é lenta e requer o emprego de catalisador e temperatura (PINTO et al., 2005; RAMOS et al., 2017; SCHUCHARDT et al., 1998).

Os ésteres graxos obtidos são menos viscosos do que a matéria prima da qual são obtidos e suas propriedades aproximam-se mais das do diesel. A presença de ligações olefínicas, ausentes nos hidrocarbonetos que formam o diesel, provocam um aumento da taxa de oxidação ao ar, especialmente quando matérias primas de alto teor de cadeias poli-insaturadas, como os óleos de soja, milho e girassol, são usadas (HOEKMAN et al., 2012; SAJJADI et al., 2016; SINGH et al., 2019; YAAKOB et al., 2014).

Biodieseis derivados de gorduras como a banha e o sebo são menos suscetíveis à degradação pelo ar. Por outro lado, as longas cadeias saturadas apresentam pontos de fusão mais altos que as insaturadas e tendem a cristalizar. Ao ser resfriado, a partir de uma dada temperatura, o líquido formado pela mistura dos ésteres graxos produz pequenos cristais, que crescem e se acumulam. Com a queda da temperatura, a massa sólida que vai se formando, aos poucos, perde sua capacidade de escoamento. Para um combustível, este é um problema sério, especialmente em regiões de clima frio. No motor, os cristais formados entopem filtros e causam mau funcionamento (DUNN, 2020; LANJEKAR; DESHMUKH, 2016; SIERRA-CANTOR; GUERRERO-FAJARDO, 2017; SINGH et al., 2019; YAŞAR, 2020).

O comportamento a frio do biodiesel é estimado, em geral, pelos pontos de névoa (CP, *Cloud Point*) de entupimento de filtro a frio (CFPP, *Cold Filter Plugging Point*) e de fluidez (PP, *Pour Point*). Ponto de névoa é a temperatura em que se observa a formação do primeiro

cristal quando um líquido é submetido ao resfriamento em condições padronizadas (ASTM INTERNATIONAL, 2016). Ponto de fluidez é a temperatura em que o líquido, ao ser resfriado em condições padronizadas, perde a capacidade de escoamento (ASTM INTERNATIONAL, 2017b). Ponto de entupimento de filtro a frio, por sua vez, é a temperatura em que um dado volume do líquido, ao ser resfriado em condições padronizadas, ultrapassa o tempo de 60 s para atravessar um dispositivo de filtração (ASTM INTERNATIONAL, 2017a). Dos três parâmetros o CP é o mais alto e o PP, o mais baixo (NAINWAL et al., 2015; SIERRA-CANTOR; GUERRERO-FAJARDO, 2017). Biodieseis apresentam PP no intervalo de -11 a 13 oC, significativamente mais altos do que o diesel, cuja cujo intervalo típico corresponde a -36 a -30 oC (LANJEKAR; DESHMUKH, 2016).

A viscosidade cinemática (ν) é estimada a partir do tempo em que um dado volume de líquido escoar por força da gravidade através do tubo calibrado do viscosímetro (ASTM INTERNACIONAL, 2017). É a habilidade que o líquido tem de fluir. O biodiesel é cerca de dez vezes menos viscoso do que os óleos do qual são produzidos (DE OLIVEIRA et al., 2013). Mesmo assim, em média, 1,6 vez mais viscoso do que o diesel fóssil. Combustíveis de maior viscosidade mostram problemas de atomização durante a etapa de injeção, o que é acompanhado por combustão incompleta e consequente formação de resíduos de carbono no motor e a emissão de material particulado (SAJJADI et al., 2016; SAKTHIVEL et al., 2018).

O biodiesel apresenta densidade ligeiramente superior ao do diesel fóssil. A densidade decresce com o tamanho da cadeia, mas aumenta com o teor de insaturações (HOEKMAN et al., 2012; KNOTHE; RAZON, 2017; RAMÍREZ-VERDUZCO et al., 2012; SAJJADI et al., 2016).

3 | PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Amostras de biodiesel

Os biodieseis metílicos de óleos de abacate, algodão, banha, babaçu, canola, cártamo, chia, girassol, maracujá, milho (teor de ésteres igual ou superior a 97,6 %) foram fornecidos pelo CEPED (Centro de Pesquisa em Produto e Desenvolvimento, Canoas – RS).

3.2 Fabricação do determinador de ponto de fluidez

O determinador de ponto de fluidez foi fabricado com as dimensões descritas na norma ASTM D97-17 (ASTM INTERNATIONAL, 2017b). O equipamento foi produzido utilizando plataformas de baixo custo *open source* e materiais recicláveis. Um arduino UNO foi implementado juntamente com um display 16 x 2 de cristal líquido. Sensores de temperatura DS18B20 (Maxim Integrated) foram utilizados devido a sua estabilidade e larga escala de operação (-55 a 125 °C). Um software de controle foi escrito em ambiente de desenvolvimento integrado (IDE, versão 1.8.4). A estrutura do equipamento foi impressa em impressora 3D. O recipiente do banho foi revestido com poliestireno expandido de 10 mm para o isolamento adequado. Uma jaqueta cilíndrica em ferro com revestimento galvânico e fundo de cortiça

foi introduzida para proteger o tubo de ensaio do banho de resfriamento. O equipamento é mostrado na Figura 1.

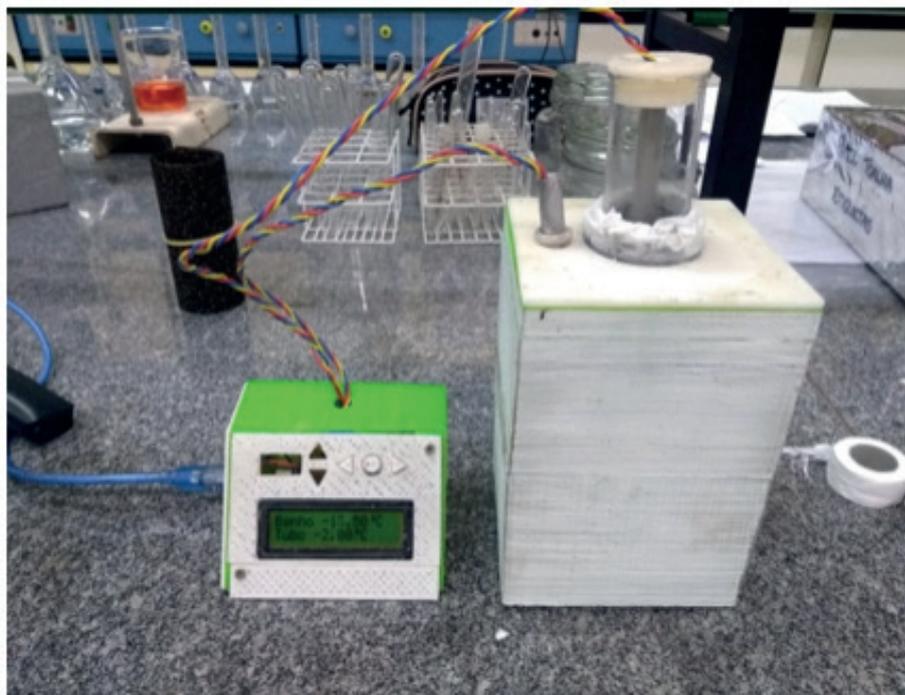


Figura 1 – Determinador do ponto de fluidez.

3.3 Determinação do ponto de fluidez

Os pontos de fluidez foram determinados segundo a norma ASTM D97-17 (ASTM INTERNATIONAL, 2017b). Uma mistura de gelo seco e etanol foi utilizada como banho de resfriamento (-51 °C). Amostras à temperatura ambiente foram introduzidas no tubo de ensaio mergulhado no banho de resfriamento. A fluidez foi monitorada em intervalos de 3 °C a partir de 12 °C. O tubo é retirado do banho e colocado na horizontal. A temperatura em que não mais se observa o movimento do líquido é o ponto de fluidez. Os ensaios foram realizados em triplicata.

3.4 Viscosidade cinemática a 40 °C.

As viscosidades foram determinadas a 40 °C em um tubo Cannon-Fensk 75 (constante 0,00661 cSt s⁻¹) segundo a norma ASTM D445-06 (ASTM INTERNATIONAL, 2006). Os ensaios foram realizados em triplicata.

3.5 Massa específica a 20 °C

As massas específicas foram determinadas a 20 °C com densímetro (Incoterm, modelo 5598 - 0,7 a 1 g mL⁻¹ com resolução de 0,003) segundo a norma ASTM D 1298 – 99 (ASTM INTERNATIONAL, 2005). Os ensaios foram realizados em triplicata.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ponto de fluidez

O ponto de fluidez é facilmente observado durante a execução do ensaio. Formado por misturas de ésteres graxos, o biodiesel não tem um ponto de fusão, mas, ao contrário uma faixa larga de temperatura, 6 a 9 °C, desde que os primeiros cristais são observados até a perda total da capacidade de escoamento com o resfriamento. Os pontos de fluidez das onze amostras foram estimados entre 9 e -9 °C. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos e os dados da literatura para comparação.

Biodiesel	PP (°C)	
Abacate	-3	
Algodão	6	3 (KEERA et al., 2011), 5 (SAJJADI et al., 2016), 6 (SANLI; CANAKCI, 2008)
Babaçu	-6	
Banha	9	
Canola	-9	-8 (SAJJADI et al., 2016), -6 (HOEKMAN et al., 2012)
Cártamo	-3	-7 (SAJJADI et al., 2016)
Chia	-3	
Girassol	-6	-2 (HOEKMAN et al., 2012; SAJJADI et al., 2016), -5 (SORIANO et al., 2006)
Maracujá	-3	-5 (SORIANO et al., 2006)
Milho	-3	-2 (HOEKMAN et al., 2012), -8 (SAJJADI et al., 2016)
Soja	-3	-2 (SORIANO et al., 2006), -3 (SAJJADI et al., 2016), -4 (HOEKMAN et al., 2012)

Tabela 2 – Pontos de fluidez (PP) de biodieseis metílicos derivados de óleos e gorduras.

Os pontos de fluidez mais altos foram estimados para os biodieseis de banha suína e de óleo de algodão, 9 e 6 °C respectivamente. De fato, ambos são ricos em cadeias saturadas, acima de 30 %. Em contraste, o biodiesel de gordura de babaçu perdeu a fluidez a -6 °C, embora o teor de cadeias saturadas seja de 82 %. Neste caso, torna-se evidente o efeito do tamanho da cadeia, que no biodiesel de babaçu são majoritariamente inferiores a 16 carbonos. Os pontos de fluidez mais baixos foram observados nos biodieseis de canola e girassol, -9 e -6 °C respectivamente, o que é atribuído aos baixos teores de cadeias saturadas. Os biodieseis de óleos de cártamo e chia apresentaram pontos de fluidez de -3 °C, apesar do baixo teor de ésteres saturados. Nestes casos, entretanto, o teor de linolenato (C18:3) é superior a 70 %, o que os distingue dos demais biodieseis cuja perda da capacidade de escoamento ocorre na mesma temperatura.

O biodiesel comercializado no país deve atender à lista de especificações técnicas da ANP. A resolução 45 de 2014 (ANP, 2014) define o CFPP como propriedade a frio para caracterização do biodiesel. O valor varia em função dos meses do ano e a região do país. No caso mais rígido, o CFPP não pode ser inferior a 5 °C nos estados da região sul durante os meses de inverno. Não há uma relação direta entre o PP e o CFPP, mas o primeiro é

sempre inferior ao segundo. Assim, pode-se concluir que os biodieseis de algodão e banha não atenderiam a especificação nos meses e regiões de clima mais frio.

As viscosidades cinemáticas (ν), Tabela 3, foram encontradas entre 4,4 e 4,9 cSt para todos os biodieseis, exceto aqueles derivados de babaçu, girassol e banha. No primeiro caso, o valor de 3,16 é explicado com o alto teor de cadeias mais curtas. De fato, forças de Van der Waals menos intensas devem diminuir a interação entre as moléculas e, por consequência, reduzir a viscosidade. No último, as cadeias saturadas ordenam-se mais facilmente, o que eleva tanto o ponto de fluidez quanto a viscosidade. O resultado obtido para o biodiesel de girassol, entretanto, surpreendeu, visto que sua composição se aproxima aos derivados dos óleos de soja ou de milho, mostrando-se superior, inclusive, ao do biodiesel de banha. A especificação da ANP determina que a viscosidade a 40 °C deve atender ao intervalo de 3 a 6 cSt, o que foi observado em todos os biodieseis estudados.

Biodiesel	ν (cSt)	
Abacate	4,40	4,69 (AJUÁREZ-MORÁN et al., 2016)
Algodão	4,52	4,07 (SANLI; CANAKCI, 2008), 4,19 (SAJJADI et al., 2016; HOEKMAN et al., 2012), 4,89 (KEERA et al., 2011)
Babaçu	3,16	4,2 (SAJJADI et al., 2016)
Banha	5,17	
Canola	4,80	4,38 (HOEKMAN et al., 2012), 4,42 (SAJJADI et al., 2016)
Cártamo	4,36	4,18 (SAJJADI et al., 2016)
Chia	4,64	
Girassol	5,44	3,75 (SORIANO et al., 2006), 4,26 (SAJJADI et al., 2016), 4,42 (HOEKMAN et al., 2012)
Maracujá	4,34	3,7 (FARIAS et al., 2011), 3,81 (IHA et al., 2018)
Milho	4,90	4,19 (HOEKMAN et al., 2012; SAJJADI et al., 2016)
Soja	4,58	3,58 (SORIANO et al., 2006), 4,15 (SAJJADI et al., 2016), 4,26 (HOEKMAN et al., 2012)

Tabela 3 – Viscosidade (ν) de biodieseis metílicos derivados de óleos e gorduras

A Tabela 4 apresenta as densidades a 20 °C. Os valores foram estimados no intervalo de 0,865 e 0,879 e mostraram-se menos influenciados pela natureza da matéria prima. Como esperado, os mais ricos em cadeias saturadas, biodieseis de babaçu e banha, são os menos densos. O biodiesel de chia, rico em linolenato, por sua vez, o que apresentou maior densidade. A resolução 45 da ANP estabelece o intervalo de 0,85 a 0,90 g mL⁻¹.

Biodiesel	r (g mL ⁻¹)	
Abacate	0,870	0,876 (AJUÁREZ-MORÁN et al., 2016)
Algodão	0,874	0,875 (SANLI; CANAKCI, 2008), 0,888 (KEERA et al., 2011)
Babaçu	0,865	
Banha	0,865	0,887 (OTHMAN et al., 2017)
Canola	0,877	0,878 (OTHMAN et al., 2017), 0,883 (HOEKMAN et al., 2012)

Cártamo	0,868	0,879 (OTHMAN et al., 2017)
Chia	0,879	
Girassol	0,877	0,869 (SAJJADI et al., 2016)
Maracujá	0,878	
Milho	0,874	0,883 (HOEKMAN et al., 2012; SAJJADI et al., 2016)
Soja	0,877	0,87 (SORIANO et al., 2006), 0,882 (HOEKMAN et al., 2012; SAJJADI et al., 2016)

Tabela 4 – Densidade (r) a 20 oC de biodeseis metílicos derivados de óleos e gorduras

5 | CONCLUSÃO

Biodeseis derivados de onze óleos e gorduras diferentes tiveram seus pontos de fluidez, viscosidades e densidades determinados. Os pontos de fluidez mostraram-se fortemente dependentes da natureza da matéria prima. A tendência à cristalização é menor em biodeseis com alto teor de cadeias curtas, como o de babaçu ou mais insaturados, como de canola. As viscosidades são influenciadas em menor grau pela composição do biodiesel. Mesmo assim, é possível afirmar que cadeias mais curtas diminuem a viscosidade e que o efeito contrário é observado quando cresce o teor de cadeias insaturadas. Por fim, a densidade mostrou-se pouco afetada pela composição.

REFERÊNCIAS

AJUÁREZ-MORÁN, L. A. et al. **Análisis de la producción de biodiesel por transesterificación a partir de aceites crudos de pilpas de aguacate (Persea americana MILL var. Hass, flerte y criollo) de clase III.** *Interciencia*, v. 41, n. 11, p. 774–780, 2016.

ANP. **Evolução do percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>, acessado em abril de 2020.

_____. **Informações do mercado.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>, acessado em abril de 2020.

_____. **RANP 45 - 2014.** Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>, acessado em abril de 2020.

ASTM INTERNACIONAL. **Standard Test Method for Cloud Point of Petroleum Products and Liquid Fuels.** West Conshohocken, 2017.

_____. **D 1298 – 99 Standard Test Method for Density , Relative Density (Specific Gravity) , or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products.** West Conshohocken, 2005.

_____. **D2500 – 16b Standard Test Method for Cloud Point of Petroleum Products and Liquid Fuels.** West Conshohocken, 2016.

_____. **D445-06 Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity).** West Conshohocken, 2006.

_____. **D6371 – 17 Standard Test Method for Cold Filter Plugging Point of Diesel and Heating Fuels.**

West Conshohocken, 2017a.

_____. **D97 – 17 Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products.** . West Conshohocken, 2017b.

DE OLIVEIRA, D. M.; et al. **Obtenção de biodiesel por transesterificação em dois estágios e sua caracterização por cromatografia gasosa: óleos e gorduras em laboratório de química orgânica.** *Química Nova*, v. 36, n. 5, p. 734–737, 2013.

DEMIRBAS, A. **Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections.** *Energy Conversion and Management*, v. 49, n. 8, p. 2106–2116, 2008.

DUNN, R. O. **Correlating the cold filter plugging point to concentration and melting properties of fatty acid methyl ester (biodiesel) admixtures.** *Energy and Fuels*, v. 34, n. 1, p. 501–515, 2020.

DWIVEDI, G.; SHARMA, M. P. **Impact of cold flow properties of biodiesel on engine performance.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 31, p. 650–656, 2014.

Farias, R. M. C.; et al. **Evaluation of the thermal stability of biodiesel blends of castor oil and passion fruit.** *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 106, p. 651–655, 2011.

Hoekman, S. K. et al. **Review of biodiesel composition, properties, and specifications.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 1, p. 143–169, 2012.

Iha, O. K.; et al. **Extraction and characterization of passion fruit and guava oils from industrial residual seeds and their application as biofuels.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 29, n. 10, p. 2089–2095, 2018.

KEERA, S T; S et al. **Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst.** *Fuel*, v. 90, n. 1, p. 42–47, 2011.

KNOTHE, G.; RAZON, L. F. **Biodiesel fuels.** *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 58, p. 36–59, 2017.

LANJEKAR, R. D.; DESHMUKH, D. **A review of the effect of the composition of biodiesel on NOx emission, oxidative stability and cold flow properties.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 54, p. 1401–1411, 2016.

NAINWAL, S.; S et al. **Cold flow properties improvement of Jatropha curcas biodiesel and waste cooking oil biodiesel using winterization and blending.** *Energy*, v. 89, p. 702–707, 2015.

Othman, M. F.; A et al. **Green fuel as alternative fuel for diesel engine: A review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 80, p. 694–709, 2017.

Pinto, A. C.; G et al. **Biodiesel: an overview.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 16, n. 6 B, p. 1313–1330, 2005.

RAMÍREZ-VERDUZCO, L. F. et al. **Predicting cetane number , kinematic viscosity , density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition.** *Fuel*, v. 91, p. 102–111, 2012.

Ramos, L. P. et al. **Biodiesel: raw materials, production technologies and fuel properties.** *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, p. 317–369, 2017.

Sajjadi, B.; et al. **A comprehensive review on properties of edible and non-edible vegetable oil-based biodiesel : Composition , specifications and prediction models.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 63, p. 62–92, 2016.

Sakthivela, R.; et al. **A review on the properties, performance and emission aspects of the third generation biodiesels.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, n. 5, p. 2970–2992, 2018.

SANLI, H.; CANAKCI, M. **Effects of different alcohol and catalyst usage on biodiesel production from different vegetable oils.** *Energy and Fuels*, v. 22, n. 4, p. 2713–2719, 2008.

Santana, I.; et al. **Hass avocado (*Persea americana* Mill.) oil enriched in phenolic compounds and tocopherols by expeller-pressing the unpeeled microwave dried fruit.** *Food Chemistry*, v. 286, p. 354–361, 2019.

SCHUCHARDT, U.; et al. **Transesterification of vegetable oils: a review.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 9, n. 1, p. 199–210, 1998.

SIERRA-CANTOR, J. F.; GUERRERO-FAJARDO, C. A. **Methods for improving the cold flow properties of biodiesel with high saturated fatty acids content: A review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 72, p. 774, 2017.

Singh, D.; et al. **Chemical compositions, properties, and standards for different generation biodiesels: A review.** *Fuel*, v. 253, p. 60–71, 2019.

SORIANO, N. U; M et al. **Ozonized vegetable oil as pour point depressant for neat biodiesel.** *Fuel*, v. 85, p. 25–31, 2006.

Yaakob, Z.; et al. **A review on the oxidation stability of biodiesel.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 35, p. 136–153, 2014.

YAŞAR, F. **Comparision of fuel properties of biodiesel fuels produced from different oils to determine the most suitable feedstock type.** *Fuel*, v. 264, 2020.

ZANQUI, A. B.; D et al. **Subcritical Extraction of *Salvia hispanica* L. Oil with N-Propane: Composition, Purity and Oxidation Stability as Compared to the Oils Obtained by Conventional Solvent Extraction Methods.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 26, n. 2, p. 282–289, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92

Anaeróbio 35

Análise Térmica 7, 51, 52, 57, 60

Aterros 25, 28, 30, 35

B

Bioadsorventes 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 86, 88, 89, 91, 92

Biocombustíveis 20, 24, 25, 26, 35, 37, 47, 50, 51, 53, 54, 62, 65, 70, 72, 73

Biodiesel 24, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 74, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104

Biodigestor 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Biogás 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 65

Biomassa 2, 6, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 38, 50, 52, 53, 54, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 76, 93, 105, 111, 112, 113

Bio-Óleo 53, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74

Biorrefinarias 26, 63, 65

C

Celulose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 24, 66, 79, 92

Cogeração 22, 27

Colmos de Bambu 105, 107, 109

Corantes 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Crescimento Populacional 29, 64

E

Efeito Cinético 3

Efeito Estufa 20, 23, 24, 30, 50, 53, 65, 95

Efluentes 1, 2, 5, 21, 22, 41, 76, 77, 78, 91

Energia 5, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 53, 59, 62, 63, 64, 65, 107, 109

F

Fibra de Vidro 105, 107, 108

G

Gorduras 37, 38, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 60, 61, 62, 67, 72, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103

H

Hidrodesoxigenação 63, 64, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74

M

Morfologia 2, 4, 7, 9, 10

N

Nanocelulose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 15

Nanopartículas 1, 2, 4, 13

O

Óleos 24, 30, 37, 38, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 67, 72, 73, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103

P

Painéis “Honeycomb” 105

Palmáceas 50, 51, 52, 57, 58, 59, 60, 96

Poder Calorífico 51, 52, 57, 59, 67

Ponto de Fluidez 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101

Processos 1, 5, 7, 8, 9, 22, 23, 25, 36, 50, 54, 63, 65, 66, 67, 78, 90, 93, 107

Produção 3, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 48, 52, 53, 54, 65, 70, 72, 73, 74, 78, 83, 91, 92, 94, 95, 109

Q

Queima 22, 24, 25, 31, 59

R

Recursos Renováveis 20

Regenerar 21

Resíduos 2, 3, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 58, 64, 65, 66, 76, 77, 78, 92, 98

Resina 105, 106, 107, 108, 109, 110

S

Silicato de Sódio 36, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 48

Sustentabilidade 27, 28, 35, 65, 105

T

Toxicidade 4, 69

Transesterificação 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 50, 52, 53, 55, 57, 61, 94, 96, 97, 103

V

Viscosidade 51, 52, 56, 58, 59, 64, 66, 67, 93, 94, 98, 99, 101, 102

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Fontes de Biomassa e Potenciais Usos 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br