

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

OTIMIZAÇÃO DA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO METÍLICA DO ÓLEO DE SOJA CATALISADA POR SILICATO DE SÓDIO DERIVADO DAS CINZAS DE CASCA DE ARROZ

Data de aceite: 15/07/2020

Data de submissão: 03/06/2020

Guilherme Canto da Rosa

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/6801796764953074>

Samuel José Santos

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8169858276161226>

Matheus Nunes Claro

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

Rodrigo Eckert Renner

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5881424403108262>

João Vitor Braun

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2682296454084846>

Luize Kehl Bickel

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/9492354823098578>

Vinicius Oliveira Batista dos Santos

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8825355558433440>

Luiz Antonio Mazzini Fontoura

Fundação de Ciência e Tecnologia
Cachoeirinha – Rio Grande do Sul
Centro de Pesquisa em Produto e
Desenvolvimento – CEPED
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Materiais e Processos Sustentáveis
Universidade Luterana do Brasil
Canoas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3862879352853151>

RESUMO: Biodiesel é uma mistura de ésteres graxos, empregado como uma alternativa renovável ao diesel como combustível em motores de combustão com ignição por compressão. É obtido por transesterificação de triglicerídeos com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador. O catalisador mais empregado é o metóxido de sódio. O reagente é comercializado na forma de solução em metanol apresentando algumas desvantagens, como alto custo, dificuldades de armazenamento e riscos com o manuseio. Embora as tecnologias por rota metílica na presença de MeONa sejam amplamente utilizadas, a busca de alternativas que levem à redução de custos e ao aumento da competitividade continua um desafio. O objetivo deste trabalho foi estudar o emprego do silicato de sódio como catalisador heterogêneo na obtenção de biodiesel metílico de óleo de soja. O catalisador foi obtido a partir da cinza

da casca de arroz, por meio de refluxo com hidróxido de sódio e posterior calcinação. A transesterificação foi estimada por planejamento experimental Doehlert a duas variáveis, massa relativa de catalisador e razão molar MeOH/TG. Após dois estudos consecutivos, um máximo global foi encontrado quando a massa relativa de catalisador foi 2,5 % e a razão molar, 33:1 (98,2 %).

PALAVRAS-CHAVE: biodiesel, biocombustíveis, transesterificação, silicato de sódio, cinza da casca de arroz

OPTIMIZATION OF THE SOY OIL METHYL TRANSESTERIFICATION REACTION CATALYZED BY SODIUM SILICATE DERIVED FROM RICE HUSK ASH

ABSTRACT: Biodiesel is comprised by a mixture of fatty esters, and is used as a fuel in compression ignition engines. It is obtained by transesterification reaction of triglycerides with a short chain alcohol in the presence of a catalyst. The most used one is sodium methoxide. It is expensive and explosive. Although the methyl transesterification with MeONa is extensively used, seeking for low cost, and more competitively alternatives is still a challenge. The objective of this paper was the study of the use of sodium silicate as heterogeneous catalyst in the transesterification of soy oil with MeOH. The catalyst was obtained from rice husk ash by NaOH aq. treatment followed by calcination. The transesterification reaction was studied by Doehlert experimental design with two variables, catalyst relative mass, and alcohol excess. After two consecutive set of experiments, a global maximum was found as 2.5 % catalyst and 30:1 molar ratio (98.2 %).

KEYWORDS: Biodiesel, biofuels, transesterification, sodium silicate, rice husk ash

1 | INTRODUÇÃO

Biodiesel é uma mistura de ésteres graxos, empregado como uma alternativa renovável ao diesel como combustível em motores de combustão interna com ignição por compressão. Sua obtenção consiste na transesterificação de triglicerídeos provenientes de óleos ou gorduras com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador. Além do biodiesel, a reação também produz o glicerol como coproduto. A reação de obtenção do biodiesel é desfavorecida cinética e termodinamicamente. O primeiro problema é resolvido com a adição de catalisadores e o uso do aquecimento. O segundo, com o emprego de excesso do álcool, para forçar o equilíbrio no sentido dos produtos (KNOTHE; RAZON, 2017; PINTO et al., 2005; SCHUCHARDT et al., 1998). O catalisador mais empregado é o metóxido de sódio. O reagente é comercializado na forma de solução 25 a 30 % em metanol apresentando algumas desvantagens, como alto custo, dificuldades de armazenamento e riscos com o manuseio (KHAN et al., 2018). O metóxido de sódio é um catalisador homogêneo. Apesar de efetivo, exige etapas de purificação do biodiesel como a lavagem e a posterior eliminação de umidade. Embora as tecnologias por rota metílica na presença de MeONa sejam amplamente utilizadas, a busca de alternativas que levem à redução de custos e ao aumento

da competitividade continua um desafio. Na catálise heterogênea, o catalisador pode ser separado ao final da reação por filtração. Frequentemente, mantém a atividade catalítica e pode ser reutilizado (MACEDO et al., 2006; SHARMA et al., 2011).

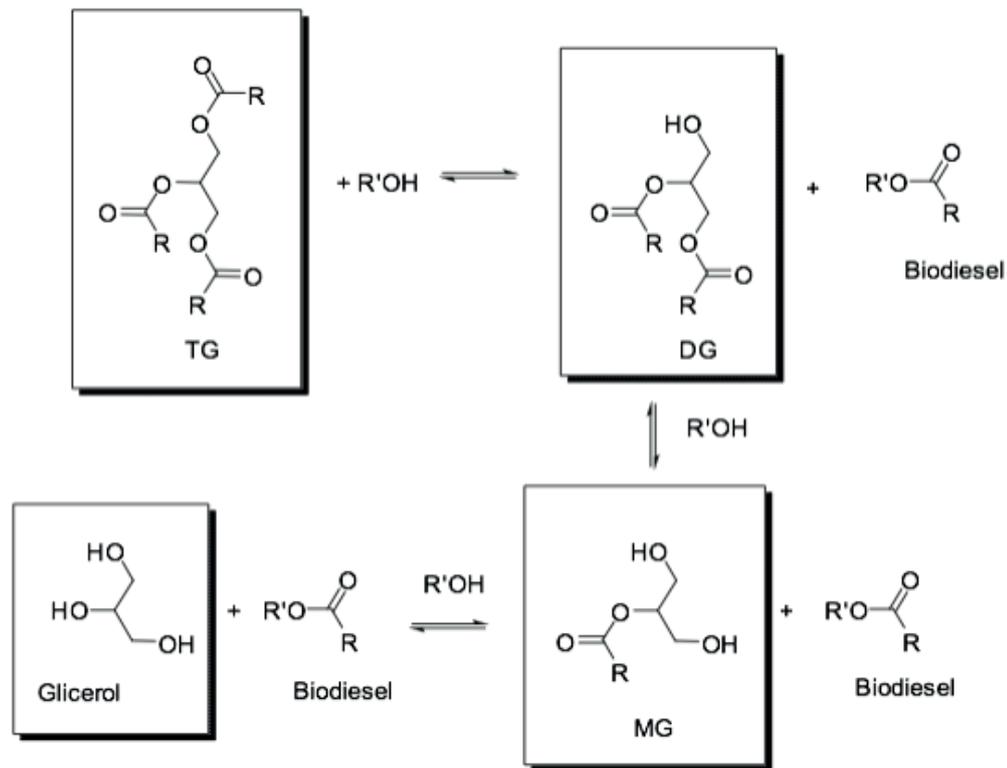
O uso de biomassa, principalmente as residuais, como insumo para indústria química em substituição a derivados do petróleo ou outras fontes fósseis é um dos princípios do desenvolvimento sustentável e da Química Verde. O emprego de resíduos da produção agrícola, além de diminuir o custo, pode dar destino correto àquilo que se tornaria um poluente se deixado no meio ambiente (ANUAR; ABDULLAH, 2016; HELWANI et al., 2009; TANG et al., 2018). Um desses resíduos é a casca de arroz (SHEN, 2017).

O objetivo deste trabalho foi estudar o emprego do silicato de sódio como catalisador heterogêneo na obtenção de biodiesel metílico de óleo de soja. O catalisador foi obtido a partir da cinza da casca de arroz, por meio de refluxo com hidróxido de sódio e posterior calcinação. A concentração de catalisador na transesterificação metílica do óleo de soja, assim como a razão molar metanol/triglicerídeo foram estudadas por meio da matriz Doehlert como estratégia de planejamento experimental.

2 | PARTE TEÓRICA

O biodiesel é constituído por uma mistura de ésteres graxos obtida por transesterificação de triglicerídeos (TG). Estruturalmente, TG são ésteres do glicerol com ácidos graxos, e são os principais constituintes de óleos e gorduras.

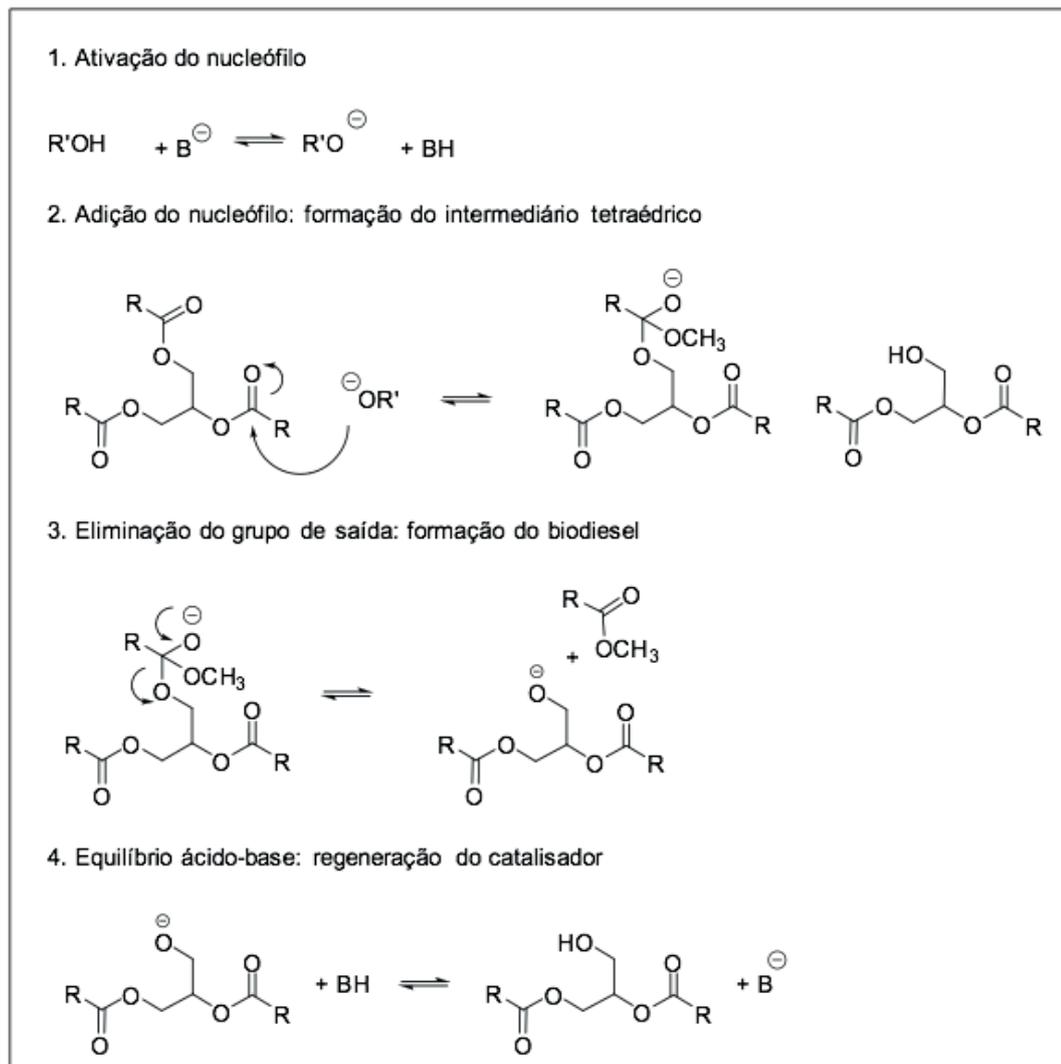
A reação, que é uma substituição nucleofílica acíclica, ocorre em três ciclos, nos quais cada um dos três grupos acilas recebe o ataque uma unidade de um álcool, Esquema 1. A relação molar do álcool e do triglicerídeo, portanto, é 3:1. Um diglicerídeo (DG) e um monoglicerídeo (MG) são os intermediários. Além do biodiesel, glicerol é obtido como coproduto (SCHUCHARDT et al., 1998). Metanol é o álcool mais empregado. O etanol é pouco usado. Além de menos reativo, é mais caro. A reação, em geral, é conduzida na temperatura de ebulição do álcool.



Esquema 1 – A transesterificação de triglicerídeos.

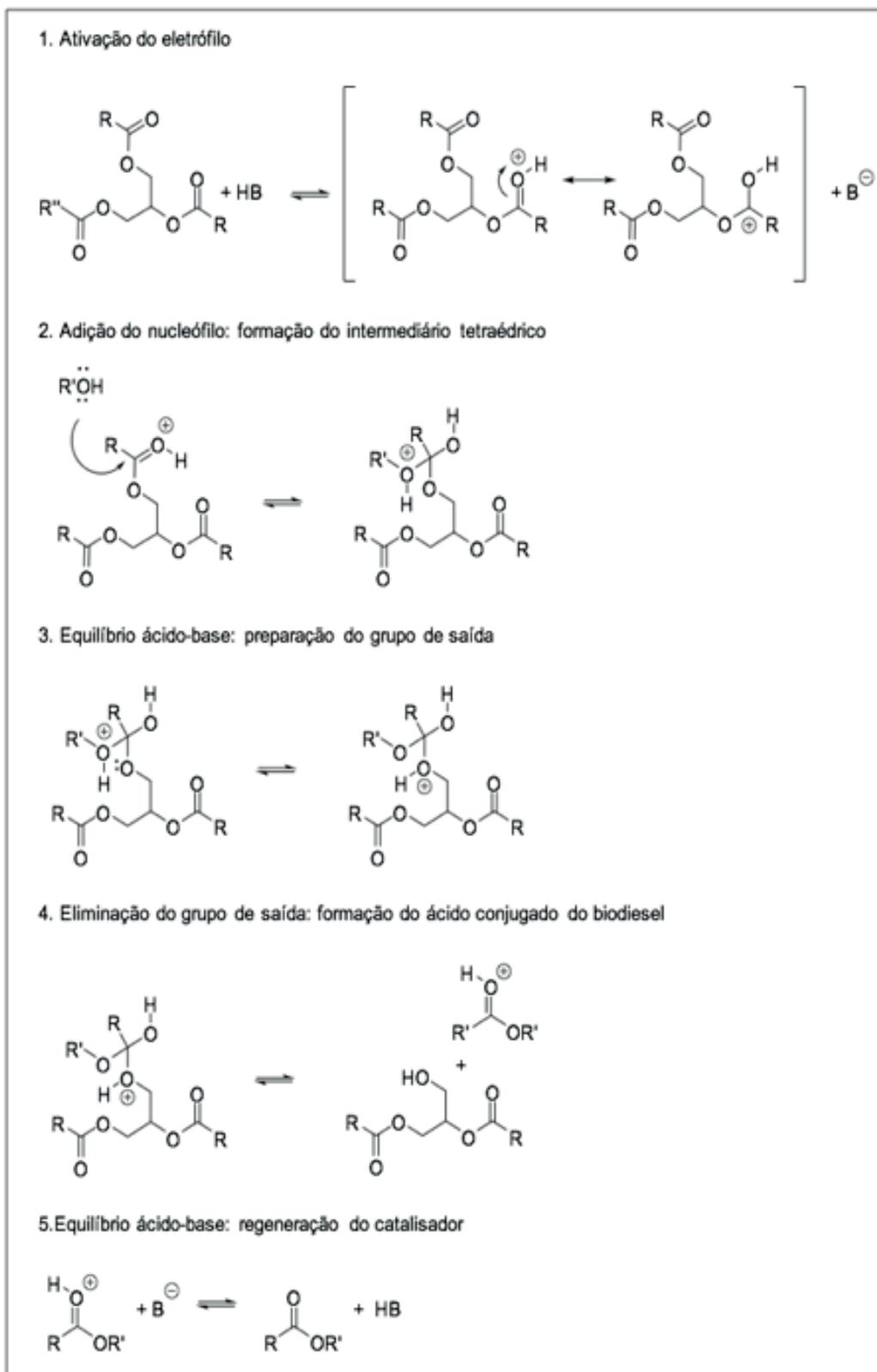
A reação é lenta e necessita ser catalisada. O mecanismo por catálise alcalina é apresentado no Esquema 2.

A reação envolve as seguintes etapas: (1) a base desprotona o álcool e gera o alcóxido, que é a espécie nucleofílica ativada da reação; (2) o nucleófilo ataca a carbonila de um grupo acila gerando um intermediário tetraédrico; (3) o éster graxo é eliminado formando-se a base conjugada de um diacilglicerol; (4) um equilíbrio ácido-base regenera o catalisador, que deve dar início a um novo ciclo. Hidróxidos são bases fortes, mas formam água na primeira etapa da reação, a qual pode consumir o substrato e o produto com geração de sabão. Baixa o rendimento da reação e dificulta a separação dos produtos no final do processo. O uso de alcóxidos elimina esta desvantagem. Na catálise homogênea, 0,5 a 1,5 % de massa relativa da base comparada a do triglicerídeo é empregada. O álcool é usado em excesso. Uma razão molar de 6:1 leva a bons resultados quando o metanol é utilizado. O etanol é menos reativo e exige razões molares superiores, 12:1, tipicamente (KNOTHE; RAZON, 2017; PINTO et al., 2005; RAMOS et al., 2017).



Esquema 2 – Mecanismo de transesterificação de um triglicerídeo por catálise alcalina.

O esquema 3 apresenta o mecanismo da transesterificação de triglicerídeos por catálise ácida. Neste caso, as etapas são as seguintes: (1) ativação do eletrófilo por protonação da carbonila; (2) adição do álcool com formação do intermediário tetraédrico; (3) preparação do grupo de saída por transferência de próton; (4) eliminação do ácido conjugado do éster graxo, por eliminação do diglicerídeo; (4) equilíbrio ácido base regenera o catalisador, o qual dá início ao próximo ciclo. Ácidos inorgânicos ou orgânicos fortes como HCl, H₂SO₄ e ácido p-toluenossulfônico podem ser usados como catalisadores homogêneos. É comum o uso de maiores quantidades do catalisador e do álcool na reação, quando comparado à catálise alcalina. Neste caso, não há formação de sabão e a conversão, geralmente, é mais alta. Contaminações do catalisador no biodiesel, entretanto, causam a sua degradação, e podem provocar a corrosão do motor (KNOTHE; RAZON, 2017; PINTO et al., 2005; RAMOS et al., 2017).



Esquema 3 - Mecanismo de transesterificação de um triglicerídeo por catálise ácida.

Catalisadores heterogêneos podem ser básicos ou ácidos. Pela própria natureza, maiores quantidades de catalisador são necessárias, quando comparados aos homogêneos. São facilmente separados por filtração e podem ser reutilizados repetidas vezes. Minimizam a geração de efluentes e, em particular, o consumo de água. Há um espectro variado de classes químicas com uso na catálise heterogênea. Na obtenção de biodiesel, alguns exemplos são as zeólitas, os compostos de coordenação, líquidos iônicos, resinas trocadores

de íons, hidróxidos duplos lamelares e diversos óxidos inorgânicos (CORDEIRO et al., 2011; SHARMA et al., 2011).

3 | PARTE EXPERIMENTAL

O biodiesel metílico de óleo de soja foi obtido através de reação de transesterificação com catálise heterogênea, utilizando-se silicato de sódio derivado da cinza da casca de arroz como catalisador.

3.1 Obtenção da cinza da casca de arroz

Para a obtenção da cinza da casca de arroz, 100 g de casca foram levados a refluxo em 100 mL de solução de HCl aq. 1 mol L⁻¹ durante 3 h com agitação magnética. A seguir, a solução foi filtrada a pressão reduzida, e a casca retida foi lavada diversas vezes com água destilada, para remoção do excesso de ácido até pH neutro, verificado com papel indicador universal.¹³ O sólido, então, foi colocado em estufa a 110 °C por 24 h. Após, foi transferido para uma cápsula de cerâmica e colocado em forno a 700 °C durante 3 h. A cinza obtida foi triturada com o auxílio de grau e pistilo. O sólido resultante foi utilizada na obtenção do catalisador (ROSCHAT et al., 2016).

3.2 Obtenção do silicato de sódio

A cinza de casca de arroz (CCA) rica em sílica foi levada a refluxo em solução de NaOH aq. 1 mol L⁻¹ por 1 h (na proporção de 1 mL de solução por g de CCA), com agitação magnética. Em seguida, a mistura resultante foi transferida para uma cápsula de cerâmica e colocada em estufa por 24 h a 110 oC. O bloco obtido, de aparência vítrea, foi então transferido para um forno a 300 °C e deixado nesta temperatura por 1 h. O sólido de Na₂SiO₃ produzido foi triturado com o auxílio de grau e pistilo. O sólido pulverizado foi fracionado em um agitador eletromagnético de peneiras sendo separadas as partículas com dimensões entre 75 (200 mesh) e 180 μm (80 mesh). As frações menores que 75 μm foram descartadas e as frações maiores que 180 μm foram trituradas novamente com o grau e pistilo, a fim de se encaixarem na faixa desejada (ROSCHAT et al., 2016).

3.3 Caracterização do silicato de sódio

O silicato de sódio obtido da cinza da casca de arroz foi caracterizado por difração de raios X (Rigaku, modelo D/MAX 2200). O difratograma obtido foi identificado por comparação com o banco de dados ICDD – *International Centre for Diffraction Data*.

3.4 Planejamento experimental Doehlert

Os efeitos da quantidade de silicato de sódio como catalisador e do excesso de metanol expresso como razão molar com relação ao triglicerídeo (TG) foram estudados

por planejamento experimental com matriz Doehlert a duas variáveis, razão molar MeOH/TG e massa relativa de catalisador (NOVAES et al., 2017). A quantidade de catalisador foi estabelecida como 2,2, 2,5 e 2,8 % com relação a massa de TG. As razões molares foram definidas no intervalo de 8 a 24 com incrementos de 4 vezes. As variáveis foram combinadas em sete diferentes condições experimentais.

3.5 Obtenção de biodiesel

Em cada experimento, 16 g de óleo de soja foram misturados a V mL de MeOH e M g de silicato de sódio, Tabela 1. As misturas foram mantidas a 65 °C com forte agitação magnética por 2 h. A seguir, a mistura foi filtrada para a separação do catalisador. O filtrado foi levado ao rotavapor para a recuperação do MeOH em excesso. A mistura bifásica foi transferida para um funil de separação e a fase mais densa, glicerol, foi descartada. O biodiesel obtido foi levado novamente ao rotavapor para a eliminação final de contaminações com o álcool. Os experimentos foram repetidos nas condições descritas na Tabela 2.

Reação	1	2	3	4	5	6	7
M%	2,5	2,5	2,8	2,8	2,5	2,2	2,2
M (g)	0,40	0,40	0,45	0,45	0,40	0,35	0,35
RM	16:1	8:1	12:1	20:1	24:1	20:1	12:1
V (mL)	12,0	6,0	9,0	15,0	18,0	15,0	9,0

Tabela 1 – Massa relativa de catalisador (M%), massa de catalisador (M), razão molar MeOH/TG (RM) e volume de MeOH (V).

Reação	1	2	3	4	5	6	7
M%	2,5	2,5	2,8	2,8	2,5	2,2	2,2
M (g)	0,40	0,40	0,45	0,45	0,40	0,35	0,35
RM	30:1	20:1	25:1	35:1	40:1	35:1	25:1
V (mL)	22,5	15,0	18,8	26,3	30,0	26,3	18,8

Tabela 2 – Massa relativa de catalisador (M%), massa de catalisador (M), razão molar MeOH/TG (RM) e volume de MeOH (V).

3.6 Determinação da pureza do biodiesel

Uma solução de estoque 2 mg mL⁻¹ do padrão interno heptadecanoato de metila (Sigma, 99,9 %) em heptano (Nuclear) foi preparada. Amostras de biodiesel foram preparadas com concentração de 10 mg mL⁻¹ na solução estoque de padrão interno. A determinação do teor de ésteres metílicos de ácidos graxos presente nas amostras foi realizada conforme a norma EN 14103 (COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, 2011), por cromatografia gasosa. O equipamento utilizado foi um cromatógrafo Shimadzu GC 2010 equipado com detector por ionização em chama, injetor automático AOC 20i e coluna OV-CARBOWAX 20M (30 m x 320 µm x 0,25 µm). A temperatura inicial do forno foi ajustada em 160 °C por 2 min com taxa de

aquecimento de 4 °C por minuto, até a temperatura final de 230 °C. O volume de injeção foi de 1 µL no modo split (20:1). A conversão do biodiesel foi determinada por normalização de áreas. O cálculo do teor de ésteres é dado pela Equação 1,

$$\text{Teor de ésteres graxos(\%)} = \frac{\sum A - A_{PI}}{A_{PI}} \times \frac{C_{PI} \times V_{PI}}{M} \times 100 \quad (1)$$

onde,

A é a área total integrada entre os picos identificados;

A_{PI} é a área do pico identificado como padrão interno;

C_{PI} é a concentração da solução de padrão interno em mg.mL⁻¹;

V_{PI} é o volume usado da solução de padrão interno no preparo da amostra em mL;

M é a massa de amostra em mg.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Obtenção do silicato de sódio

O tratamento químico e a secagem levaram a redução da massa da casca de arroz em cerca de 33 %. O tratamento térmico posterior produziu cinzas com rendimento de 13,9 % com relação à massa de casca inicialmente tratada.



Figura 1 – Casca de arroz (a), cinza da casca de arroz (b), silicato bruto (c) e silicato calcinado (d).

A Figura 1 apresenta as imagens da casca de arroz purificada com ácido e seca (a), e da cinza obtida no processo de calcinação (b). O refluxo da cinza em solução alcalina gera o silicato solúvel. A evaporação da água tem como resultado a formação do sólido vítreo (c), que se torna facilmente triturável após a calcinação (d).

4.2 Otimização da reação de transesterificação

Em um primeiro momento, a matriz Doehlert foi planejada fazendo-se a massa de catalisador variar no intervalo de 2,2 a 2,8 % em massa com relação ao triglicerídeo (M%) e com razões molares metanol/triglicerídeo (RM) no intervalo de 6 a 20. Transesterificações alcalinas com catálise homogênea apresentam boas conversões com quantidades de catalisador entre 0,5 e 1,5 % e razões molares de 6:1. Na catálise heterogênea, como é o caso do silicato de sódio, são necessárias maiores quantidades de catalisador e excesso do álcool. A Tabela 3 apresenta os teores de ésteres graxos obtidos em cada ponto do planejamento experimental. As purezas são estimativas da conversão da reação. Valores de 28,9 a 85,5 % foram observados.

entrada	RM	M%	P (%)	P' (%)
1	16:1	2,5	65,1	69,6
1	16:1	2,5	68,6	69,6
1	16:1	2,5	75,2	69,6
2	8:1	2,5	28,9	33,7
3	12:1	2,8	68,4	63,6
4	20:1	2,8	76,7	81,5
5	24:1	2,5	85,5	80,7
6	20:1	2,2	73,5	78,3
7	12:1	2,2	54,0	49,2

Tabela 3 – Condições experimentais e resultados: razão molar MeOH/TG (RM), quantidade relativa de catalisador (M%) em massa com relação ao triglicerídeo, e pureza experimental do biodiesel (P) e a calculada (P').

As purezas (P) foram lançadas em gráfico em função das condições experimentais RM e M%. A superfície obtida é apresentada na Figura 2. A razão molar tem um efeito bastante pronunciado sobre o resultado. A quantidade de catalisador mostra-se importante quando a razão molar é mínima. A medida que esta última aumenta, a primeira perde importância.

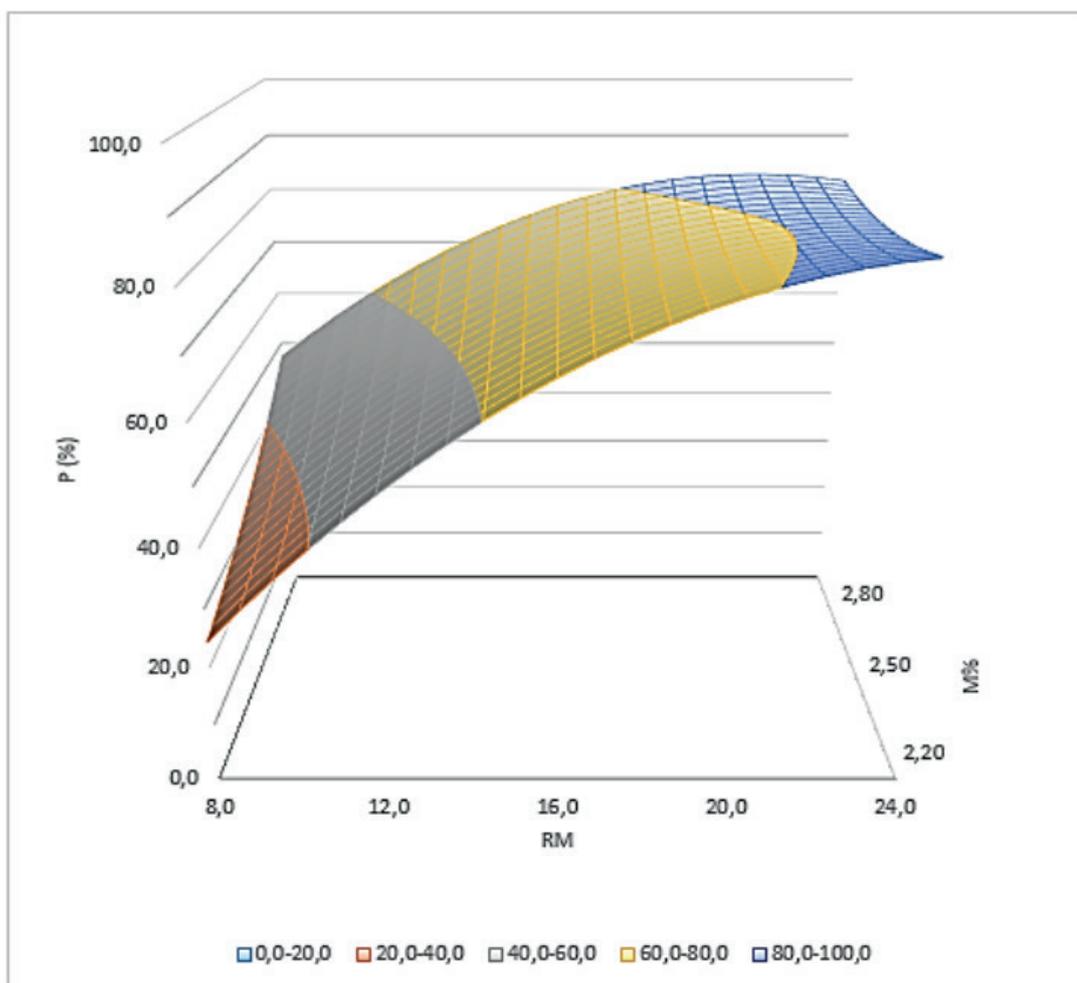


Figura 2 – Superfície de resposta: pureza (P) em função da razão molar MeOH/TG (RM) e da massa relativa de catalisador (M%).

A superfície de resposta define uma equação de modelo quadrático com a qual pode-se estimar conversões deste sistema reacional. Os valores estimados P' são apresentados na Tabela 3. As diferenças entre valores experimentais e calculados são, em média, 4,4 %.

entrada	RM	M%	P (%)	P' (%)
1	30:1	2,5	97,1	98,3
1	30:1	2,5	99,3	97,2
1	30:1	2,5	97,5	95,2
2	20:1	2,5	93,3	95,6
3	25:1	2,8	96,8	97,9
4	35:1	2,8	96,4	96,5
5	40:1	2,5	97,5	96,8
6	35:1	2,2	97,1	96,8
7	25:1	2,2	95,9	96,8

Tabela 4 – Condições experimentais e resultado: razão molar MeOH/TG (RM), quantidade relativa de catalisador (M%) em massa com relação ao triglicerídeo, e pureza experimental do biodiesel (P) e a calculada (P').

A pureza mínima exigida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para que o biodiesel seja comercializado é 96,5 %. Neste sentido, nenhuma das combinações de variáveis levou ao biodiesel com a pureza desejada. Com base nos resultados, um novo conjunto de experimentos foi planejado. O intervalo de massa relativa de catalisador foi mantido e a razão molar foi deslocada para o intervalo de 20 a 40:1. As combinações de variáveis e as conversões obtidas, expressas pelos teores de ésteres graxos, são apresentadas na Tabela 4. É possível observar valores de conversão superiores a 93 % em todos os pontos experimentais.

Os resultados produziram nova superfície de resposta, a qual é apresentada na Figura 3. Desta vez, um máximo global é encontrado quando a massa relativa de catalisador é 2,5 e a razão molar, 33:1. Neste caso, a pureza foi estimada em 98,2 %. Combinações como 2,1 % de catalisador e 28:1 de razão molar, ou 2,5 % e 25:1, já produzem o biodiesel com a pureza necessária.

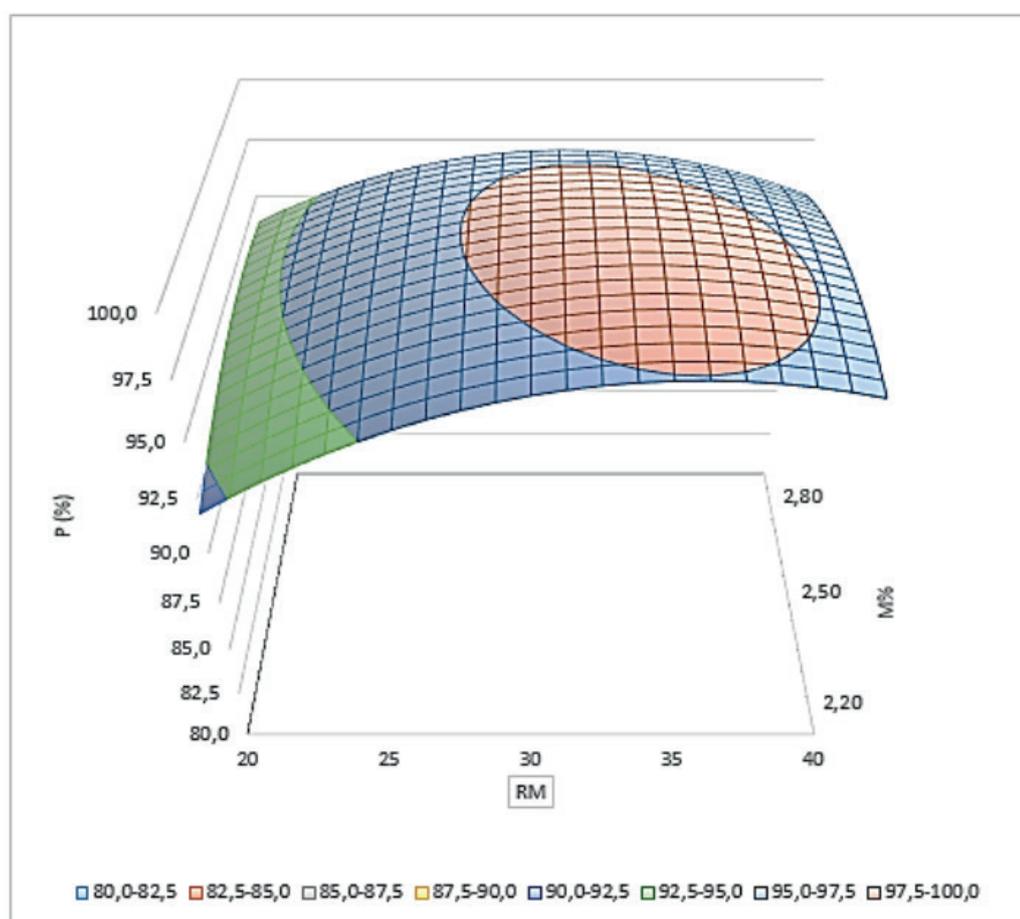


Figura 3 – Superfície de resposta: pureza (P) em função da razão molar MeOH/TG (RM) e da massa relativa de catalisador (M%).

5 | CONCLUSÃO

Silicato de sódio foi preparado por tratamento químico e térmico da casca de arroz. A purificação da sílica é conduzida em meio ácido. A formação do silicato, em condições

alcalinas. O silicato de sódio obtido (75 μm - 180 μm) foi utilizado como catalisador alcalino heterogêneo na obtenção de biodiesel metílico de óleo de soja. A maior conversão foi observada para uma massa relativa de catalisador de 2,5 % e razão molar de MeOH de 33:1, ambas com relação ao triglicerídeo.

AGRADECIMENTO

FAPERGS

REFERÊNCIAS

- ANUAR, M. R.; ABDULLAH, A. Z. **Challenges in biodiesel industry with regards to feedstock, environmental, social and sustainability issues: A critical review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 58, p. 208–223, 2016.
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents.** CEN: Bruxelas, 2011.
- CORDEIRO, C. S. et al. **Catalisadores heterogêneos para a produção de monoésteres graxos (biodiesel).** *Química Nova*, v. 34, n. 3, p. 477–486, 2011.
- HELWANI, Z. et al. **Technologies for production of biodiesel focusing on green catalytic techniques: A review.** *Fuel Processing Technology*, v. 90, n. 12, p. 1502–1514, 2009.
- KHAN, S. et al. **First time determination of important catalyst sodium methoxide used in biodiesel by colorimetric method.** *Analytical Chemistry*, v. 90, n. 5, p. 3550–3555, 2018.
- KNOTHE, G.; RAZON, L. F. **Biodiesel fuels.** *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 58, p. 36–59, 2017.
- MACEDO, C. C. S. et al. **New heterogeneous metal-oxides based catalyst for vegetable oil transesterification.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 17, n. 7, p. 1291–1296, 2006.
- NOVAES, C. G. et al. **Optimization of analytical methods using response surface methodology part I: Process variables.** *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 3, p. 1184–1215, 2017.
- PINTO, A. C. et al. **Biodiesel: An overview.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 16, n. 6 B, p. 1313–1330, 2005.
- 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.
- ROSCHAT, W. et al. **Rice husk-derived sodium silicate as a highly efficient and low-cost basic heterogeneous catalyst for biodiesel production.** *Energy Conversion and Management*, v. 119, p. 453–462, 2016.
- SCHUCHARDT, U. et al. **Transesterification of vegetable oils: a review.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 9, n. 1, p. 199–210, 1998.
- SHARMA, Y. et al. **Latest developments on application of heterogenous basic catalysts for an efficient and eco friendly synthesis of biodiesel: A review.** *Fuel*, v. 90, n. 4, p. 1309–1324, 2011.

SHEN, Y. **Rice husk silica derived nanomaterials for sustainable applications.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 80, n. 2, p. 453–466, 2017.

TANG, Z. E. et al. **Synthesis of biomass as heterogeneous catalyst for application in biodiesel production: State of the art and fundamental review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 92, n. 3, p. 235–253, 2018.

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