



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 2

**Atena**
Editora
Ano 2019

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
CAPÍTULO 2	15
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
CAPÍTULO 3	24
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
CAPÍTULO 4	35
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
CAPÍTULO 5	49
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
CAPÍTULO 6	59
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

CAPÍTULO 7	68
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite	
Marcos Vinícius Cândido Henriques	
DOI 10.22533/at.ed.64819103097	
CAPÍTULO 8	78
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.64819103098	
CAPÍTULO 9	86
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves	
Luiz Fernando Gonçalves Pereira	
Letícia Lopes Alves	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
Daniel Rodrigues Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.64819103099	
CAPÍTULO 10	94
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
Taynara Mara Vieira	
Rodinei Augusti	
Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel	
Ana Cláudia Bernardes Silva	
Cristiane Medina Finzi Quintão	
DOI 10.22533/at.ed.648191030910	
CAPÍTULO 11	105
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Williams da Siva Ribeiro	
Manoel Leão Lopes Junior	
Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Fabiane da Trindade Pinto	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Haroldo da Silva Ripardo Filho	
Carlos Vinicius Machado Miranda	
Jéssica de Souza Viana	
DOI 10.22533/at.ed.648191030911	

CAPÍTULO 12 116

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva
Vanessa Borges Vieira
Aline Aparecida Carvalho França
Talita Teixeira da Silva
Mayrla Letícia Alves de Oliveira
Roberta Yonara Nascimento Reis
Maria de Sousa Santos Bezerra
Fabiana Matos de Oliveira
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Francielle Aline Martins

DOI 10.22533/at.ed.648191030912

CAPÍTULO 13 128

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Rafaella Costa Bonugli-Santos
Felipe Justiniano Pinto
Daniele da Luz Silva
Ana Letícia Fernandes
Renato Malveira Carreiro do Nascimento
Mariana Gabriely da Silva Menezes

DOI 10.22533/at.ed.648191030913

CAPÍTULO 14 138

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz
Bruno Borsatti Chagas

DOI 10.22533/at.ed.648191030914

CAPÍTULO 15 144

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Luanda Ferreira Floro da Silva
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.648191030915

CAPÍTULO 16 157

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão
Alfredo Quaresma da Silva Neto
Maria Aurora Santos da Mota

DOI 10.22533/at.ed.648191030916

CAPÍTULO 17 170

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva
Joyce Kelly do Rosário da Silva
Rosa Helena Veras Mourão
José Guilherme Soares Maia
Pablo Luis Baia Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.648191030917

CAPÍTULO 18 182

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos
Rafael Marcus Schwabe

DOI 10.22533/at.ed.648191030918

CAPÍTULO 19 195

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Rosemeire dos Santos Almeida
Ivanei Ferreira Pinheiro
Karen Segala
Walter Ricardo Brito
Marcos Akira d'Ávila

DOI 10.22533/at.ed.648191030919

CAPÍTULO 20 204

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel
Ricardo Alves Maurício
Clédson Lucena de Araújo
Fiana Raissa Coelho Pereira
Eduardo Maurício Gadelha
Geovanna Maria Andrade de Oliveira
Lígia Raquel Rodrigues Santos
Matheus Monteiro da Silva
Raniere Fernandes Costa
Walesca Ferreira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.648191030920

CAPÍTULO 21 214

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni^{II}(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)₂] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva
Yan Fraga da Silva
Manoel Henrique dos Santos Galvão
Thais Teixeira da Silva
Sâmia Dantas Braga
Maria das Dores Alves de Oliveira
Juliana Pereira da Silva
Cristina Vidal da Silva Neta
João Clécio Alves Pereira
Geraldo Eduardo da Luz Júnior
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior
Nouga Cardoso Batista

DOI 10.22533/at.ed.648191030921

CAPÍTULO 22 228

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva
Kelly das Graças Fernandes Dantas

DOI 10.22533/at.ed.648191030922

CAPÍTULO 23 241

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos
Elza Brandão Santana
Rafael Alves do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Lênio José Guerreiro de Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.648191030923

CAPÍTULO 24 254

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.648191030924

CAPÍTULO 25 268

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira
Fernando Lopes Santana
Mario Luiz Pereira Souza
Renan Zuba Parrela
Saulo Fernando dos Santos Vidal

DOI 10.22533/at.ed.648191030925

CAPÍTULO 26	280
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
DOI 10.22533/at.ed.648191030926	
CAPÍTULO 27	286
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
DOI 10.22533/at.ed.648191030927	
CAPÍTULO 28	296
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.648191030928	
CAPÍTULO 29	303
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
DOI 10.22533/at.ed.648191030929	
CAPÍTULO 30	316
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.648191030930	

CAPÍTULO 31	323
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
Lucilaine Goin Abitante Máriele Josiane Fuchs Elizângela Weber Cláudia Maria Costa Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.648191030931	
CAPÍTULO 32	335
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
Claudiany Calaça de Sousa Ennio Willian Lima Silva	
DOI 10.22533/at.ed.648191030932	
CAPÍTULO 33	352
COMPUTATIONAL METHOD H_{∞} APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
Rildenir Silva Ivanildo Abreu Cristovam Filho	
DOI 10.22533/at.ed.648191030933	
CAPÍTULO 34	363
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
Roberto Ananias Ribeiro Fernanda Barbosa Damaceno	
DOI 10.22533/at.ed.648191030934	
CAPÍTULO 35	374
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
Aline Estefany Brandão Lima Roberta Yonara Nascimento Reis Maria Joseíta dos Santos Costa João Paulo Carvalho Moura Luis Jefferson da Silva Reginaldo da Silva Santos Laécio Santos Cavalcante Elson Longo da Silva Geraldo Eduardo da Luz Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.648191030935	
SOBRE O ORGANIZADOR	384
ÍNDICE REMISSIVO	385

ÓXIDO DE CÁLCIO (CAO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL

Roberto Ananias Ribeiro

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais,
Campus Salinas
Salinas- Minas Gerais

Fernanda Barbosa Damaceno

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais,
Campus Salinas
Salinas- Minas Gerais

RESUMO: O biodiesel é um combustível renovável obtido da reação de transesterificação de óleos vegetais e gordura animal. Essa reação pode ocorrer usando-se catalisadores heterogêneos como os pós cerâmicos que têm as vantagens de produzirem biodiesel e glicerina mais puros e de serem reutilizados. Assim, os objetivos desse trabalho foram obter o pó cerâmico de óxido de cálcio e verificar sua atividade catalítica na obtenção de biodiesel e capacidade de reuso. O pó cerâmico foi sintetizado por precipitação alcalina e calcinado a 750°C por 4 h. A caracterização foi realizada por difração de raios x. A mistura contendo óleo de soja comercial, metanol e catalisador foi agitada a 65°C, por 4 h, para a obtenção do biodiesel que, após purificado, foi caracterizado por cromatografia gasosa e medidas de viscosidade. O resultado de difração de raios x revelou a obtenção do CaO cristalino e com pureza de fase. A amostra de biodiesel mais

pura em ésteres alquílicos (79,7 %m/m) foi obtida no primeiro uso do catalisador e o maior rendimento da reação (60,1 %m/m) foi alcançado no primeiro reuso. Valores próximos de 5 mm/s² para as viscosidades das amostras de biodiesel dos primeiros uso e reuso foram encontrados. As condições da reação (quantidade de catalisador, temperatura e tempo de reação) e a lixiviação do catalisador podem ter contribuído para valores relativamente baixos de purezas e rendimentos de reação. O óxido de cálcio apresentou atividade catalítica na reação para produção de biodiesel e apenas o seu primeiro reuso conduziu aos melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, Catálise heterogênea, Pó cerâmico, Ésteres alquílicos, Síntese.

CALCIUM OXIDE (CAO) OBTAINED THROUGH PRECIPITATION FOR BIODIESEL PRODUCTION FROM COMMERCIAL SOYBEAN OIL

ABSTRACT: Biodiesel is a renewable fuel obtained through transesterification reaction of vegetable oil and animal fat. This reaction can occur using heterogenous catalysts as ceramic powders which have advantages such as production of purer biodiesel and glycerin and reuse. In this way the aims of this work were

to obtain calcium oxide ceramic powder and to verify its catalytic activity for biodiesel production and ability of reuse. Ceramic powder was synthesized by alkaline precipitation and calcinated in 750°C for 4 h. Characterization was performed by x-rays diffraction. Commercial soybean oil, methanol and catalyst were mixtured and submitted to stirring at 65°C for 4 h in order to obtain the biodiesel which, after purified, was characterized by gas chromatography and viscosity measurements. Result of x-rays diffraction revealed that pure and crystalline CaO was obtained. Biodiesel sample with highest yield of alkyl esters (79.7 %w/w) was achieved in the first use of catalyst and highest yield of reaction (60.1 %w/w) was reached in the first reuse. Values approximately 5 mm/s² for viscosities of biodiesel samples in the first both use and reuse were found. Conditions of reaction (amount of catalyst, temperature and reaction time) and the catalyst leaching can have contributed to relatively low values of purities and reacton yields. Calcium oxide presented catalytic activity in the reaction for biodiesel production and only the first reuse leaded to the best results.

KEYWORDS: Biodiesel, Heterogeneous catalyst, Ceramic powder, Alkyl esters, Synthesis.

INTRODUÇÃO

O biodiesel é um combustível renovável obtido da reação de transesterificação de óleos vegetais e gordura animal. Ele substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas etc) ou estacionários (geradores de eletricidade e calor, por exemplo).

O processo para a obtenção de biodiesel mais comum é aquele baseado na reação de transesterificação. A reação pode ser executada com catalisadores homogêneos como ácidos, básicos e enzimáticos. O processo industrial mais utilizado para produzir o biodiesel faz uso de catalisadores homogêneos alcalinos como os hidróxidos de sódio e de potássio. Podem ser usados também, catalisadores heterogêneos como pós cerâmicos para a síntese de biodiesel.

Muitos pesquisadores vêm trabalhando no desenvolvimento de catalisadores heterogêneos para a reação de transesterificação. Esses materiais têm a vantagem de conduzir à obtenção de um biodiesel e de uma glicerina mais puros, diminuindo o consumo de água e ainda têm a vantagem de poderem ser reutilizados na reação. Entretanto, apresentam a possibilidade de perda de espécies catalíticas ativas por lixiviação.

A síntese por precipitação e a calcinação em determinadas temperaturas poderão levar à obtenção do óxido de cálcio com propriedades atrativas para a obtenção de biodiesel com alto rendimento e pureza. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi sintetizar o pó cerâmico de óxido de cálcio por precipitação e verificar sua atividade catalítica e capacidade de reuso na produção do biodiesel a partir de óleo de soja comercial e metanol.

1 | A SÍNTESE DO BIODIESEL

O biodiesel é um combustível renovável obtido da reação de transesterificação de óleos vegetais e gordura animal (KNOTHE et al, 2004). O biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas etc) ou estacionários (geradores de eletricidade e calor, por exemplo). Ele apresenta vantagens como produção a partir de muitas matérias-primas (óleo vegetal, gordura animal, óleo residual de fritura e sebo bovino), biodegradabilidade, não tóxico, livre de enxofre e aromáticos, emissão de menor quantidade de gases do efeito estufa e alta lubricidade (GEBREMARIAM, MARCHETTI, 2018). Apesar de muitas vantagens em relação ao meio ambiente, o biodiesel apresenta a desvantagem do seu alto custo de produção ainda. Muitos pesquisadores vêm investigando formas de tornar sua produção economicamente mais atrativa que incluem tecnologias para aumentar o rendimento, redução no custo de investimento de capital e redução no custo de matéria-prima.

O processo mais comum para a obtenção de biodiesel é aquele baseado na reação de transesterificação com o uso de catalisadores. A reação pode ser executada com catalisadores ácidos, básicos e enzimáticos (DEMIRBAS, 2008). O processo mais utilizado para produzir industrialmente o biodiesel é a aquele que consiste na reação de transesterificação catalisada por base (KNOTHE et al, 2004). Os triglicerídeos presentes nos óleos e gorduras reagem com um álcool (metanol ou etanol) em presença de um catalisador homogêneo, hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio. Os produtos da reação são alquil éster (biodiesel) e glicerina. Processos de purificação posteriores como separação, neutralização, remoção de metanol ou etanol, lavagem com água e secagem são usados para a obtenção do combustível purificado. A equação química simplificada da reação de transesterificação é mostrada na Figura 1 (LÔBO et al., 2009).

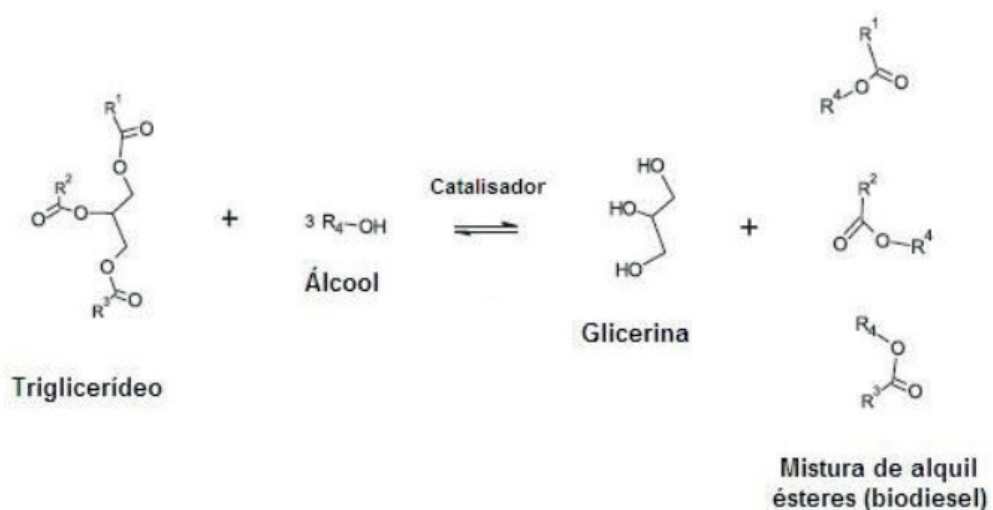


Figura 1. Reação de transesterificação para produção de biodiesel.

R1, R2 e R3 referem-se à cadeia carbônica de um ácido graxo e R4, à cadeia carbônica de um

Nesse processo, a glicerina e o alquil éster obtidos são lavados com água quente para retirar o catalisador alcalino e com isso, muita água deve ser consumida (SHARMA et al, 2008). Assim, muito solvente e energia são necessários no processo além do resíduo da lavagem ser corrosivo e danoso ao meio ambiente. O uso de bases na síntese de biodiesel contamina a glicerina e o próprio biodiesel com resíduos alcalinos. A glicerina contaminada dessa forma torna-se inviável para aplicação em cosméticos, por exemplo.

2 | CATALISADORES HETEROGÊNEOS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

A catálise heterogênea também é um dos processos usados para a produção de biodiesel (CHOUHAN, SARMA, 2011). Um catalisador heterogêneo de pó cerâmico deve apresentar determinadas propriedades para uma atividade catalítica adequada para sua aplicação na reação de transesterificação. Tais propriedades compreendem a área superficial específica, a porosidade e a pureza de fase cristalina (KINGERY et al, 1976). Além disso, a espécie catalítica no pó cerâmico não pode sofrer processo de lixiviação durante as etapas de obtenção do biodiesel. Isso garantirá a utilização do material em processo contínuo na indústria. Os catalisadores heterogêneos têm a vantagem de produzirem um biodiesel e uma glicerina mais puros, não necessitarem do uso de matéria-prima de alta pureza, serem separados facilmente do meio reacional, demandarem uma menor quantidade de água para purificação do biodiesel e ainda, poderem ser reutilizados na reação (SHARMA et al, 2008).

Catalisadores em suporte de alumina foram estudados nas reações de transesterificação (XIE et al, 2006). O método de impregnação em solução aquosa foi utilizado para dopar a alumina, de área superficial específica igual a 126 m²/g, com KNO₃. Um rendimento de ésteres metílicos de 87% foi obtido para a alumina contendo 35% em massa do nitrato, num tempo de reação de 7 h. A alumina, de área superficial 255 m²/g, impregnada em solução aquosa de K₂CO₃ mostrou um rendimento de quase 100% de ésteres metílicos a partir do óleo de girassol, durante 1 h de reação (ALONSO et al, 2007). Entretanto, a reutilização do catalisador mostrou rendimentos posteriores muito baixos (menores que 30%) devido à perda de potássio no metanol. A dopagem de alumina com terras raras forneceu um resultado razoável na catálise de reação de transesterificação usando óleo de soja (LI et al, 2007). Um rendimento de 63,2% foi obtido a 70°C, em 8 h de reação.

Outro suporte cerâmico para catálise em reação de transesterificação também foi testado (JITPUTTI et al, 2006). A zircônia (ZrO₂) e o óxido de estanho (SnO₂) quando tratados com solução de ácido sulfúrico 0,5 mol/L formam catalisadores ácidos que mostraram alta atividade na formação de ésteres metílicos a partir de óleo de dendê e óleo de côco. Os rendimentos foram superiores a 90,3% e 86,3%

para os óleos de dendê e de côco, respectivamente. As reações foram conduzidas a 200°C durante 1 h.

A utilização de sílica mesoporosa, de área superficial 35 m²/g, modificada com ácido organossulfônico leva a uma reação de transesterificação metílica com rendimento de 85%, partindo-se do ácido palmítico (LIN et al, 2006). A temperatura do meio reacional foi 85°C, por um tempo de 3 h. A transesterificação do óleo de dendê com metanol, na presença do catalisador heterogêneo Nb₂O₅.nH₂O, de área superficial igual a 170 m²/g, produz ésteres metílicos com altos rendimentos a 130°C e tempo de 1 h (TELHADO et al, 2007). Conversão completa ocorre quando óleo de soja e metanol reagem na presença de silicato de cálcio mesoporoso, de área superficial igual a 262 m²/g, a 80°C e 24 h (LIN et al, 2008). Esse rendimento alto foi obtido para o silicato com o maior conteúdo de óxido de cálcio. O estudo do reuso do catalisador revelou que este se mantém estável, sem perda significativa da atividade, mesmo após 20 vezes sendo usado na reação de transesterificação. Tal característica é muito importante para um catalisador, pois o torna economicamente mais viável no processo industrial.

Pós cerâmicos comerciais foram testados na produção de biodiesel a partir de óleo de pinhão-manso (ZANETTE et al, 2011). Os pós cerâmicos usados nesse estudo foram Amberlyst 15, montmorilonita KSF, argila K10, alumina, zeólita, hidrotalcita e pentóxido de nióbio. A reação foi realizada a 60°C e 120°C, com 5% de catalisador cerâmico e razão molar óleo:metanol igual a 1:9. Os melhores rendimentos (aproximadamente 70% m/m) na produção de ésteres metílicos foram com o uso da montmorilonita KSF, durante 18 h, e com a resina Amberlyst 15, durante 6 h. Nos dois casos, a temperatura de reação foi de 120°C. Após 5 ciclos de reação, o rendimento foi de 25% para a resina Amberlyst 15 e de 40% para a montmorilonita KSF.

2.1 Catalisadores heterogêneos à base de óxido de cálcio

Muitos trabalhos sobre a utilização do óxido de cálcio como catalisador na reação de transesterificação vêm sendo publicados (MARINKOVIC et al., 2016). Muitas informações sobre as propriedades do óxido puro ou dopado com sais ou misturado com outros óxidos e seus comportamentos durante a reação (sítios ativos, cinética etc) já são conhecidas.

Dentre os óxidos dos metais alcalinos terrosos, o óxido de magnésio não apresenta atividade catalítica significativa na reação de transesterificação. Em relação aos óxidos dos metais estrôncio (Sr) e bário (Ba), o óxido de cálcio tem a menor atividade catalítica. Entretanto, o íon bário sofre facilmente lixiviação em meio reacional e o óxido de estrôncio é muito solúvel, não sendo considerado um catalisador heterogêneo. Apesar da menor atividade catalítica, o óxido de cálcio apresenta vantagens como baixo preço, baixa solubilidade em metanol, pouco tóxico,

disponibilidade em fontes naturais (casca de ovo), facilmente preparado, requer condições reacionais brandas e apresenta rendimento alto em ésteres alquílicos.

A transesterificação de óleo de soja quando catalisada por óxido de cálcio (CaO) durante 1 h de reação conduz a um rendimento de 93% de ésteres metílicos de ácido graxo (KOUZU et al, 2008) enquanto que a catálise com hidróxido de sódio tem rendimento próximo a 100%. O rendimento da reação é maior (99%) ao se usar o óleo de cozinha residual, porém o combustível obtido contém grande quantidade de cálcio devido à acidez presente no óleo. O óxido de cálcio foi preparado através da decomposição térmica do carbonato de cálcio apresentando uma área superficial específica de 13 m²/g. Liu et al (2008) obtiveram um rendimento acima de 95% de ésteres metílicos na catálise com o CaO. Nesse trabalho, a reação foi efetuada a 65°C durante 1,5 h e na presença de 2,03% de água no metanol.

A catálise heterogênea para produção de biodiesel a partir do óleo de pinhão-manso também foi utilizada por Taufiq-Yap et al (2011). Foram sintetizados via coprecipitação, os óxidos CaMgO e CaZnO. As condições reacionais foram: razão molar metanol:óleo de 15:1, 4% de catalisador, 65°C e 6 h de reação. Rendimentos de 83% para CaMgO e 81% para CaZnO foram obtidos. Após 6 ciclos de reação, a atividade catalítica desses pós cerâmicos foi levemente diminuída.

Carbonato de potássio comercial foi usado para recobrir a superfície de óxido de cálcio também comercial (DEGIRMENBASI et al., 2015). A solução aquosa do sal foi usada para fazer a impregnação na superfície das partículas de óxido de cálcio. Após a secagem em estufa, a calcinação foi realizada a 773 K por 3 h. A presença dos materiais de partida, além de K₂O e Ca(OH)₂ na superfície do óxido foi verificada nos resultados de difração de raios x. A área superficial foi diminuída após a impregnação com o carbonato de potássio, ocorrendo a aglomeração das partículas. A reação de transesterificação foi conduzida usando-se o óleo de canola e o metanol, na razão molar metanol:óleo igual a 9:1, a 338 K e tempo de reação de 8 h. O rendimento de alquil ésteres foi de 97,67%.

Sendo assim, são evidentes o potencial desse pó cerâmico para a produção de biodiesel e a importância de se desenvolver pesquisas que contribuam para o conhecimento ainda mais amplo do comportamento desse material e para sua consolidação como catalisador na reação de transesterificação.

3 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 Preparação e caracterização do pó cerâmico de óxido de cálcio

A metodologia utilizada para preparar o óxido de cálcio por precipitação é descrita por Ribeiro (2000). Uma solução aquosa de hidróxido de sódio foi adicionada, sob agitação e a 80°C, à solução aquosa de nitrato de cálcio. O precipitado obtido foi filtrado com papel de filtro, lavado com água destilada e álcool e seco em estufa

a 80°C. A calcinação foi realizada em forno mufla, à temperatura de 750°C, durante 4 h. O material foi então moído em gral de porcelana e armazenado em saco plástico.

A caracterização foi feita por difração de raios x para determinação da fase cristalina presente, usando radiação CuK α ($\lambda = 0,5418$ Angstrom), 2θ de 5 a 80°, precisão de 0,05°.

3.2 Síntese e caracterização do biodiesel

O biodiesel foi sintetizado usando-se óleo de soja comercial e metanol, na proporção molar óleo:álcool igual a 1:6, e o catalisador de óxido de cálcio na quantidade de 1,0 % m/m em relação ao óleo. O reator foi montado usando-se um balão de vidro de três saídas em que foi acoplado um termômetro, um condensador e uma haste de um agitador mecânico (LEMES, RIBEIRO, 2014). A mistura reacional foi mantida sob agitação durante 4 h, à temperatura de 65°C. Após o resfriamento, a mistura foi centrifugada e a parte líquida colocada num balão de decantação. Com a separação das fases, a fase inferior contendo a glicerina foi retirada, medida e armazenada em frasco de vidro. A fase superior contendo o biodiesel foi lavada com água destilada e seca em estufa a 80°C para retirar resíduos de água de lavagem. Ao material obtido foi adicionado sulfato de magnésio anidro e, em seguida, filtrado e armazenado.

Foram realizadas três sínteses. Após a centrifugação, o pó cerâmico foi removido do sistema e usado para uma nova síntese. A primeira síntese foi denominada 1º Uso, a segunda síntese com o catalisador da síntese anterior de 1º Reuso e a síntese subsequente de 2º Reuso.

A caracterização foi realizada determinando-se o teor de ésteres alquílicos por cromatografia gasosa, usando-se a norma EN 1410. O rendimento da reação (R) foi calculado, usando-se a Eq. 1 (YEE et al., 2011):

$$R = \frac{\Sigma \text{ massa dos ésteres alquílicos (g)}}{\Sigma \text{ massa do óleo usado (g)}} \times 100\% \quad \text{Eq. 1}$$

As medidas de viscosidade cinemática foram realizadas a 40°C em um viscosímetro do tipo Cannon-Fenske, da marca Quimis.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o resultado de difração de raios x da amostra de óxido de cálcio obtido por precipitação alcalina e calcinado a 750°C por 4 h. Pode-se perceber que o material apresenta-se cristalino e com pureza de fase uma vez que todos os picos foram identificados como sendo do CaO (JCPDS 01-082-1690) (SOARES,

2007).

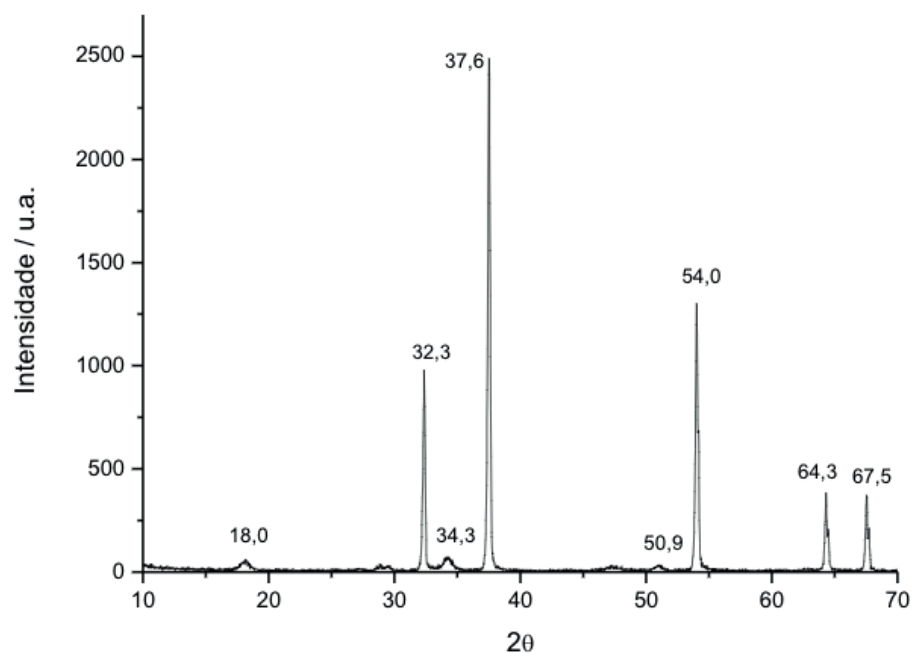


Figura 2. Difratograma de raios x do pó cerâmico de CaO obtido por precipitação.

Os resultados da caracterização das amostras de biodiesel obtidas na reação de transesterificação catalisada por CaO estão mostrados na Tabela 1.

Processo	Massa biodiesel (g) ¹	Pureza alquil ésteres (% m/m) ²	Massa alquil ésteres (g) ³	Rendimento(% m/m) ⁴	γ (mm ² /s) ⁵
1º Uso	139,8	79,9	111,4	51,2	5,1
1º Reuso	164,4	79,5	130,7	60,1	5,2
2º Reuso	180,5	65,9	118,9	54,7	8,3

Tabela 1. Propriedades do biodiesel obtido e rendimento da reação de transesterificação

¹Massa obtida após a purificação do material obtido na síntese; ²Pureza em alquil ésteres obtida por cromatografia; ³Massa de alquil ésteres considerando a pureza do material obtido; ⁴Rendimento obtido pela Eq. 1; ⁵ γ - viscosidade cinemática

Os resultados mostram que valores mais altos de pureza em alquil ésteres foram obtidos no 1º Uso e 1º Reuso do catalisador enquanto que o valor mais baixo para o 2º Reuso. Uma vez que as condições de temperatura, de tempo de reação e de quantidade de catalisador foram as mesmas nas três amostras, isso significa que, provavelmente, a qualidade e/ou a quantidade do catalisador foram diminuídas no 2º Reuso, provocando a produção de menor quantidade de alquil ésteres e formando produtos intermediários da transesterificação parcial dos triglicerídeos presentes no óleo, di e monoglicerídeos (KNOTHE, 2004). Esses intermediários podem permanecer no material após as etapas de purificação e assim, contribuem para o aumento da massa de material obtida no processo. Um aspecto que corrobora com a

formação de di e monoglicerídeos é o volume obtido de glicerina após a decantação da mistura reacional que foi de 28, 33 e 23 mL para os processos, respectivamente, 1º Uso, 2º Reuso e 3º Reuso.

Já é bem conhecida a perda de óxido de cálcio por lixiviação devido à sua solubilidade em metanol e glicerina e sua redução de atividade catalítica devido à contaminação dos seus sítios ativos por compostos orgânicos do meio reacional (MARINKOVIC et al., 2016). Ambos os fatores contribuem para uma menor conversão de triglicerídeos em alquil ésteres. O processo de lixiviação pode ser reduzido usando-se o óxido de cálcio suportado em matrizes como Al₂O₃.

Comparando-se as massas obtidas de biodiesel no 1º Uso e 1º Reuso, a menor massa no 1º Uso deve-se às perdas de material durante as etapas de purificação após a reação. Isso conduziu a um menor rendimento de reação (51,2 %m/m). Quanto aos valores da viscosidade cinemática, nos 1º Uso e 1º Reuso, os valores estão dentro da norma brasileira (ANP 07/2008) que estabelece a faixa de 3,0-6,0 mm²/s a 40°C (LÔBO et al., 2009). O valor mais alto no 2º Reuso justifica-se pela presença dos intermediários de reação.

Considera-se importante investigar alguns aspectos que podem melhorar os resultados obtidos até aqui. Temperatura, tempo de reação, quantidade de catalisador e proporção metanol:óleo são fatores que podem alterar a qualidade e a quantidade de biodiesel produzido. Outros trabalhos também incluem a determinação de cálcio nas amostras de biodiesel, a síntese de óxido de cálcio suportado em matrizes cerâmicas e o efeito da temperatura de calcinação sobre a atividade catalítica do óxido de cálcio.

5 | CONCLUSÃO

Óxido de cálcio com pureza de fase cristalina foi obtido por precipitação e calcinação a 750°C. O pó cerâmico apresentou atividade catalítica na reação de transesterificação para a produção de biodiesel a partir de óleo de soja comercial e metanol. O catalisador também apresentou atividade catalítica nos seus 1º e 2º Reusos. O rendimento de reação mais alto (60,1 %m/m) foi obtido no 1º Reuso do catalisador, sendo observada lixiviação do óxido de cálcio no 2º Reuso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Profa. Dra. Nelcy (UFMG) e ao Prof. Dr. Leonardo (LMMA-UFVJM) pelas análises de difração de raios x, à Dra. Vanny (UFMG) pelas análises de cromatografia gasosa, ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida e ao IFNMG Campus Salinas pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, D. M.; MARISCAL, R.; MORENO-TOST, R.; POVES, M. D. Z.; GRANADOS, M. L. **Potassium leaching during triglyceride transesterification using K/g-Al₂O₃ catalysts**. *Catalysis Communications*, v. 8, p. 2074-2080, 2007.
- CHOUHAN, A. P.; SARMA, A. K. **Modern heterogeneous catalysts for biodiesel production: a comprehensive review**. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, v. 15, p. 4378-4399, 2011.
- DEGIRMENBASI, N. et al. **Biodiesel synthesis from canola oil via heterogeneous catalysis using functionalized CaO nanoparticles**. *Fuel*, v. 153, p. 620-627, 2015.
- DEMIRBAS, A. **Comparison of esterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats**. *Energy Conversion and Management*, v. 49, p. 125-130, 2008.
- GERBREMARIAM, S.N.; MARCHETTI, J.M. **Economics of biodiesel production: Review**. *Energy Conversion and Management*, v. 168, p. 74-84, 2018.
- JITPUTTI, J.; KITIYANAN, B.; RANGSUNVIGIT, P.; BUNYAKIAT, K.; ATTANATHO, L.; JENVANITPANJAKUL, P. **Transesterification of crude palm kernel oil and crude coconut oil by different solid catalysts**. *Chem. Eng. J.*, v. 116, p. 61-66, 2006.
- KINGERY, W. D.; BOWEN, H. K.; UHLMANN, D. R. **Introduction to ceramics**. 2nd. Ed. New York: John Wiley&Sons, 1976, 1032 pp.
- KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.T. (Ed.) **The Biodiesel Handbook**. Urbana: AOCS Press, 2004, 320 pp.
- KOUZU, M.; DASUNO, T.; TAJIKA, M.; SUGIMOTO, Y.; YAMANAKA, S.; HIDAHA, J. **Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production**. *Fuel*, v. 87, p. 2798-2806, 2008.
- LEMES, Ana Paula Brandão, RIBEIRO, Roberto Ananias. **Montagem de um reator para produzir biodiesel**. In: 8º FÓRUM DE PESQUISA, ENSINO, EXTENSÃO E GESTÃO, 2014, Montes Claros. Anais... Universidade: Saberes e Práticas Inovadoras. Montes Claros: UNIMONTES, 2014.
- LÔBO, I.P.; FERREIRA, S.L.S.; CRUZ, R.S. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. *Química Nova*, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.
- LI, X.; LU, G.; GUO, Y.; WANG, Y.; ZHANG, Z.; LIU, X.; WANG, Y. **A novel solid superbase of Eu₂O₃/Al₂O₃ and its catalytic performance for the transesterification of soybean oil to biodiesel**. *Catalysis Communications*, v. 8, p. 1969-1972, 2007.
- LIN, Victor Shang-Yi; RADU, Daniela Rodica. **Use of functionalized mesoporous silicates to esterify fatty acids and transesterify oils**. US Patent n. 7.122.688, 17 outubro 2006.
- LIN, Victor Shang-Yi; NIEWEG, Jennifer A.; VERKADE, John G.; REDDY, Chinta Reddy Venkat; KERN, Carla. **Porous silica and metal oxide composite-based catalysts for conversion of fatty acids and oils to biodiesel**. US Patent Application n. 20080021232, 24 janeiro 2008.
- LIU, X.; HE, H.; WANG, Y.; ZHU, S.; PIAO, X. **Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst**. *Fuel*, v. 87, p. 216-221, 2008.
- MARINKOVIC, D. M. et al. **Calcium oxide as a promising heterogeneous catalyst for biodiesel production: Current state and perspectives**. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, v. 56, p. 1387-1408, 2016.

RIBEIRO, Roberto Ananias. **Preparação e propriedades de pós cerâmicos e seus compósitos com eletrólitos poliméricos**. 2001. 126 f. Tese (Doutorado Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOARES, Bruno Daniel. **Estudo da decomposição térmica do calcário e das condições ótimas de operação do calcinador na produção de óxido de cálcio industrial**. 2007. 210 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SHARMA, Y.C.; SINGH, B.; UPADHYAY, S.N. **Advancements in development and characterization in biodiesel: a review**. Fuel, v. 87, p. 2355-2362, 2008.

TAUFIQ-YAP, Y. H.; LEE, H. V.; HUSSEIN, M. Z.; YUNUS, R. **Calcium-based mixed oxide catalysts for methanolysis of *Jatropha curcas* oil to biodiesel**. Biomass and Bioenergy, v. 35, p. 827-834, 2011.

TELHADO, Antônio Pereira; DE OLIVEIRA, Kensley Alves; MONTEIRO, Robson de Souza; ARANDA, Donato Alexandre G.; SANTOS, Rafael Thomaz P.; JOÃO, Rafael Richard. **Production process of biodiesel from the esterification of free fatty acids** US Patent Application n. 20070232817, 4 outubro 2007.

XIE, W.; PENG, H.; CHEN, L. **Transesterification of soybean oil catalyzed by potassium loaded on alumina as a solid-base catalyst**. Applied Catal. A: General., v. 300, p. 67-74, 2006.

YEE, K. F.; LEE, K. T.; CECCATO, R.; ABDULLAH, A. Z. **Production of biodiesel from *Jatropha curcas* L. oil catalyzed by SO₄²⁻/ZrO₂ catalyst: Effect of interaction between process variables**. Bioresource Technology, 102, p. 4285-4289, 2011.

ZANETTE, A. F.; BARELLA, R. A.; PERGHER, S. B. C.; TREICHEL, H.; OLIVEIRA, D.; MAZUTTI, M. A.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, J. V. **Screening, optimization and kinetics of *Jatropha curcas* oil transesterification with heterogeneous catalysts**. Renewable Energy, v. 36, p. 726-731, 2011.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

K

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

L

Lama abrasiva 59, 60

M

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

N

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

O

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

P

Polimerização Radicalar 215

R

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

S

Smart Cities 280

T

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-641-6

