



Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Francisco Odécio Sales
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021



Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Francisco Odécio Sales
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
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. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª 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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
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. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ciências exatas e da terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país 2 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-210-1

<https://doi.org/10.22533/at.ed.101212506>

1. Ciências Exatas e da Terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico do País está assentado primordialmente na inovação baseada no seu desenvolvimento científico e tecnológico.

É notado, principalmente nos últimos anos, que há grande necessidade de fortalecimento e expansão da capacidade de pesquisa e de inovação, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade.

Neste contexto, o E-book “Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2” foi composto por uma coletânea de trabalhos relacionados às Ciências Exatas e da Terra que contemplam os mais variados temas ligados ao desenvolvimento.

Os 16 capítulos que constituem a presente obra, elaborados por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, permitem aos leitores analisar e discutir assuntos tais como: importância das ondas eletromagnéticas e transmissão na camada da ionosfera, produção de filmes de polímeros a partir de diferentes complexos para aplicação em células solares, estudo de diferentes metodologias na caracterização de material polimérico, utilização de modelagem numérica na investigação da dispersão de plumas poluentes, aplicação de malhas computacionais para a verificação do transporte de doenças de plantas pelo ar, dentre outros assuntos de relevância para as Ciências Exatas e da Terra.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores e instituições envolvidas nos trabalhos que compõe a presente obra.

Por fim, esperamos que este E-book possa proporcionar reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A ATRIBUIÇÃO EMINENTE DA GEOGRAFIA NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA VISÃO INTEGRADORA E HOLÍSTICA NAS ANÁLISES AMBIENTAIS

Matheus Seiji Bonfim Takiuchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125061>

CAPÍTULO 2..... 7

A INFLUÊNCIA DA SOJA TRANSGÊNICA À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

Leandro Moreira Maciel

Lilian Vanussa Madruga de Tunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125062>

CAPÍTULO 3..... 15

ANÁLISE DA DISCIPLINA QUÍMICA INORGÂNICA NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DAS IES PÚBLICAS NO ESTADO DO AMAZONAS

Pamela Pereira Nunes

Pedro Campelo de Assis Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125063>

CAPÍTULO 4..... 20

CARACTERIZAÇÃO GEMOLÓGICA DAS ESMERALDAS DE PINDOBAÇU/BAHIA-BRASIL

Sirlene Barboza Mendonça

Daniela Teixeira Carvalho de Newman

José Albino Newman Fernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125064>

CAPÍTULO 5..... 43

CATALISADORES DE NÍOBIO E TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO

Elizabeth Roditi Lachter

Rosane Aguiar da Silva San Gil

Caio Barbosa e Souza

Anderson Felipe Sant'Anna Moreira

Vanessa Santos Antunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125065>

CAPÍTULO 6..... 57

COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA – IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Ana Cândida de Paula Ribeiro e Arruda Campos

Liliane Bonadio Terra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125066>

CAPÍTULO 7..... 66

CONSIDERAÇÕES RELATIVAS AS DISCIPLINAS DE CADASTRO NAS ENGENHARIAS DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

Cesar Rogério Cabral

Everton da Silva

Markus Hasenack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125067>

CAPÍTULO 8..... 79

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DISPOSITIVOS MECÂNICOS E ELÉTRICOS QUE EXIBEM COMPORTAMENTO DINÂMICO NÃO LINEAR

Vinícius Guilherme Esmeraldino Galvão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125068>

CAPÍTULO 9..... 93

ESTUDOS PEDOLÓGICOS E GEOLÓGICOS: UMA NOVA ABORDAGEM COM IMAGEADORES HIPERESPECTRAIS

Guilherme Fernando Capristo Silva

Marcos Rafael Nanni

Renato Herrig Furlanetto

Luis Guilherme Teixeira Crusiol

Everson Cezar

Cassiele Uliana Facco

Carlos Antonio da Silva Junior

José Alexandre Melo Demattê

Jessica Saldanha Souza

Taiana Loan de Lima Campos

Glauccio Leboso Alemparte Abrantes dos Santos

Marlon Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125069>

CAPÍTULO 10..... 101

ENTREVISTA COMO FERRAMENTA: MAPEAMENTO DO PROCESSO PROJETUAL DE PRODUTOS FEITOS COM RESÍDUOS TÊXTEIS

Dayane Cabral Ziegler

Sydney Fernandes de Freitas

Gisela Costa Pinheiro Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250610>

CAPÍTULO 11..... 112

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PRÉ-TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR CONSIDERANDO A FRAÇÃO RECALCITRANTE DA CELULOSE

Gustavo Batista

Martha Suzana Rodrigues dos Santos Rocha

Cristiane Sanchez Farinas

Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250611>

CAPÍTULO 12.....	117
MODIFICAÇÃO DE AMIDO DE BATATA DOCE E MANDIOCA POR TRATAMENTO HIDROTÉRMICO	
Carmen Cecília Gomes Borges Padula Ana Paula Cerino Coutinho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250612	
CAPÍTULO 13.....	128
NON-OMNIDIRECTIONAL ANTENNA EFFECTS ON INDOOR CELL PLANNING AT 700 MHZ	
Maria do Carmo de Luna Malheiros Frazão Niedson Almeida Lemos Jefferson Costa e Silva Alfredo Gomes Neto Custódio José de Oliveira Peixeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250613	
CAPÍTULO 14.....	143
SAÚDE UNIVERSITÁRIA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA	
Iranira Geminiano de Melo Célio José Borges Berenice Perpétua Simão Aroní Matos de Oliveira Clarides Henrich de Barba	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250614	
CAPÍTULO 15.....	152
UTILIZAÇÃO DE UM ALGORITMO GENÉTICO PARA OTIMIZAR TRANSFERÊNCIAS INTERPLANETÁRIAS	
Guilherme Marcos Neves Denilson Paulo Souza dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250615	
CAPÍTULO 16.....	161
VALIDAÇÃO E PROJEÇÃO CLIMÁTICA DO MODELO ETA-HADGEM2-ES PARA O MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA, SANTA CATARINA	
Gerson Conceição Claudia Guimarães Camargo Campos Mario Francisco Leal de Quadro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250616	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	172
ÍNDICE REMISSIVO.....	173

CATALISADORES DE NÍOBIO E TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO

Data de aceite: 21/06/2021

Elizabeth Roditi Lachter

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/8688736650901616>

Rosane Aguiar da Silva San Gil

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/3099380883775208>

Caio Barbosa e Souza

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/9334841417297211>

Anderson Felipe Sant'Anna Moreira

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/1633264814418348>

Vanessa Santos Antunes

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/3427672001008190>

RESUMO: A catálise básica homogênea, principal método utilizado industrialmente para a produção de biodiesel, leva a alta conversão de triglicerídeos em ésteres metílicos em baixas temperaturas e a pressão ambiente em curto

intervalo de tempo. Entretanto a presença de ácidos graxos no óleo, mesmo em pequenas quantidades pode ocasionar a neutralização do catalisador, gerar produtos secundários e diminuir o rendimento da reação. A presença de umidade também pode afetar negativamente a conversão em éster metílico, por causar a hidrólise do triglicerídeo, com produção indesejável de ácidos graxos. Por conseguinte, a catálise heterogênea ganha destaque por não ser tão sensível a esses parâmetros. No presente trabalho foi feita uma revisão sobre os catalisadores empregados na produção de biodiesel com destaque para compostos de nióbio e terras raras.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, transesterificação, esterificação, nióbio, terras raras.

NIOBIMUM AND RARE EARTHS DERIVED CATALYSTS FOR BIODIESEL PRODUCTION: A REVIEW

ABSTRACT: The homogeneous basic catalysis, most industrially used route for the biofuel production, leads to high conversion of triglycerides to methyl esters at low temperatures and ambient pressure in a short period of time. However, the presence of fatty acids in the raw triglyceride source, even in small quantities, can provoke neutralization of the catalyst, with generation of secondary products and thus decreasing the reaction yield. The presence of moisture can also negatively affect the methyl ester production, through the hydrolysis of the triglyceride producing undesirable fatty acids. In this sense heterogeneous catalysis emerge as a promising route, since it is not so sensitive to

the presence of fatty acids or humidity. In the present work a review focusing some of the heterogeneous catalysts used in the biofuel production, with emphasis on niobium and rare earths containing compounds is presented.

KEYWORDS: Biodiesel, transesterification, esterification, niobium, rare earths.

1 | INTRODUÇÃO

O avanço dos processos industriais levou, ao longo dos anos, à introdução de combustíveis fósseis derivados de carvão mineral, gás natural e petróleo como fontes de energia. O crescimento da população mundial tem acarretado no aumento do uso dessas fontes de energia e consequentemente a um aumento nas taxas de emissão de CO₂ bem como outros gases como o SO_x, que são prejudiciais à sociedade. O grande crescimento das taxas globais de emissão de CO₂ são responsáveis pelo efeito estufa, chuva ácida e pelos impactos ambientais para o ecossistema (GAMA *et al.* 2015; MIRANDA *et al.* 2018). Visando diminuir os índices de poluição do meio ambiente, é necessária uma ampla introdução de combustíveis renováveis em vários setores da indústria. Podemos destacar como exemplo de biocombustível o biodiesel, um combustível não fóssil, renovável, atóxico, o qual pode substituir total ou parcialmente o diesel de petróleo em motores de ciclo diesel, sem a necessidade de qualquer adaptação (PINTO *et al.*, 2005). O biodiesel é produzido a partir de insumos disponíveis no País, possibilita a economia de divisas, geração de emprego, e a redução da emissão de gases que provocam o efeito estufa (PINTO *et al.*, 2005; GAMA *et al.* 2015). Em 2003, no Brasil, foi criada a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel –CEIB- e o Grupo Gestor –GG- pelo governo federal com o objetivo de regulamentar e introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira (RAMOS *et al.*, 2017). Em janeiro de 2008 entrou em vigor em todo o território nacional a mistura legalmente obrigatória de 2% de biodiesel ao diesel, chamado de B2. A partir de 2010 este percentual se elevou para 5%, o chamado B5 e recentemente, em março de 2020, alcançou 12% de biodiesel na composição do diesel. Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível- ANP, o Brasil pretende alcançar o patamar de 15% até o ano de 2023 (MENEZES, 2016; ANP, 2021). Os dados do percentual do biodiesel ao diesel a partir de 2008 estão apresentados na Figura 1.

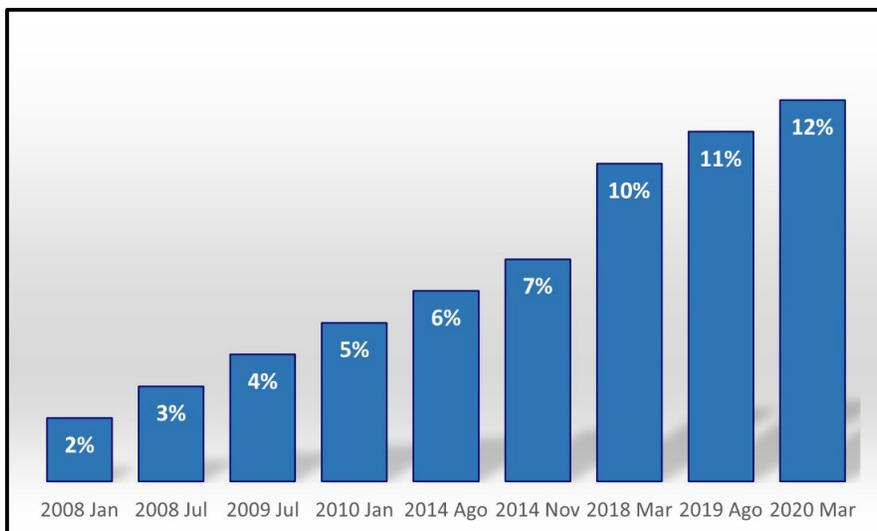


Figura 1- Aumento da porcentagem legalmente obrigatória do biodiesel adicionado ao diesel fóssil brasileiro ao longo dos anos.

Fonte: ANP, 2021.

O biodiesel, ésteres de ácidos graxos, pode ser obtido a partir de processos denominados esterificação e transesterificação. Na esterificação (Figura 2), utiliza-se um ácido carboxílico e um álcool primário (metanol ou etanol) para se obter o éster metílico ou etílico, que é o biodiesel.

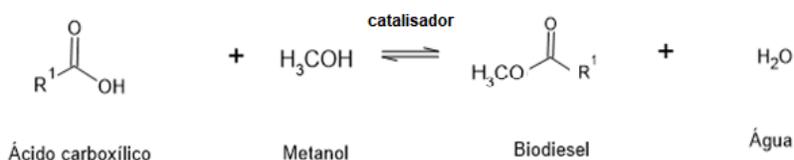


Figura 2 - Equação da reação de esterificação.

Na transesterificação (Figura 3) utilizam-se óleos vegetais ou gorduras animais que reagem com um álcool primário (metanol ou etanol), para obtenção de dois produtos: o éster e a glicerina.

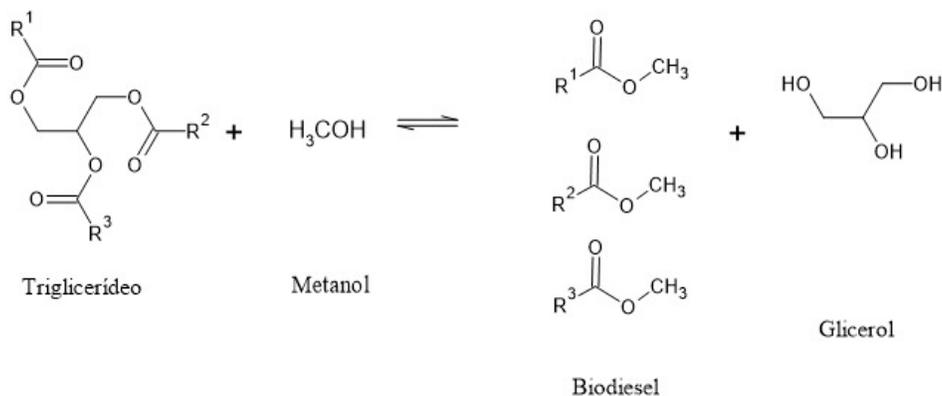


Figura 3 - Equação da reação de transesterificação.

Diversos aspectos, incluindo-se o tipo de catalisador (ácido ou base), a relação molar álcool/óleo vegetal, a temperatura, a pureza dos reagentes e o teor de ácido graxo livre têm influência no curso da transesterificação e da reação de esterificação.

A reação de transesterificação é geralmente catalisada por bases, como o hidróxido de potássio, hidróxido de sódio ou metóxido de sódio, devido ao seu baixo custo. Catalisadores ácidos também são empregados nas reações de transesterificação, e os mais comumente usados são o ácido sulfúrico e o ácido clorídrico (SCHUCHARDT, 1998; LOTERO, 2005). Entretanto, o uso de tais catalisadores cria problemas ambientais (efluentes prejudiciais ao ambiente, corrosão, dificuldade de reciclagem do catalisador) ou problemas químicos (reações secundárias). Conseqüentemente, o uso dos catalisadores sólidos básicos ou ácidos tem vantagens como: a fácil separação do meio, a ausência de problemas de corrosão e a possibilidade de reutilização (CORDEIRO, 2011; CHANGMAI et al., 2020). Diante desse cenário, diversos grupos tem pesquisado sobre o uso de catalisadores heterogêneos para a obtenção de biodiesel de qualidade e com bons rendimentos. Essa rota sintética apresenta diversas vantagens, dentre elas a facilidade de se separar o catalisador do biodiesel, diminuindo-se com isso a quantidade de resíduos gerados.

O interesse na publicação de artigos sobre produção de biodiesel via catálise heterogênea aumentou muito nos últimos anos. A Figura 4 apresenta o número de publicações em catálise heterogênea na plataforma *Web of Science*.

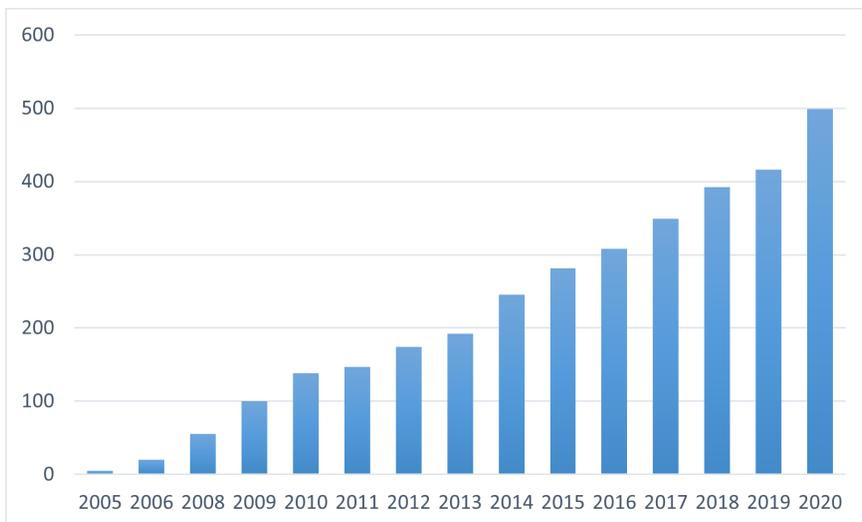


Figura 4- Aumento no número de publicações na área de catalisadores heterogêneos para a produção de biodiesel, em função do ano de publicação.

A utilização da rota via catálise ácida ou básica heterogênea vai depender da matriz energética escolhida. O Brasil apresenta uma grande biodiversidade e vários óleos podem ser utilizados para a produção de biodiesel. Óleos com alto teor de ácidos graxos, como óleo de palma ou gordura animal produzem alta quantidade de sabão quando a reação de transesterificação é catalisada por base, e neste caso a catálise ácida seria a rota mais adequada.

Na esterificação de ácidos graxos ou óleos vegetais com alto teor de ácidos graxos catalisada por sólidos ácidos podemos citar o uso de zeólitas (KISS, 2006), catalisadores à base de zircônia (NI, 2007) resinas trocadoras de íons (REIS et al., 2015; AGUIAR et al., 2017), sílicas sulfônicas (DHAINAUT, 2010), óxido e fosfato de nióbio (BASSAN et al., 2013) e catalisadores contendo terras raras (VEIGA, 2016).

No âmbito dos catalisadores heterogêneos, podemos destacar os compostos contendo nióbio ou os elementos da série de terras raras, já que são de importância estratégica para o país (SOUZA FILHO et al., 2014; BRUZIQUESI et al., 2019). A produção de biodiesel via catálise heterogênea, ambientalmente mais aceitável, ainda é um desafio.

Pelo exposto, neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica sobre catalisadores de nióbio e terras raras para obtenção de biodiesel a partir de fontes renováveis de energia.

2 | CATALISADORES A BASE DE NIOBIO PARA A PRODUÇÃO DE BODIESEL

Um dos primeiros trabalhos de esterificação de ácidos graxos com metanol, que relata o uso de Nb_2O_5 como catalisador, apresentou rendimento de 9% em oleato de metila

após cinco horas de reação (OKASAKI e WADA, 1993). Mais tarde Nb_2O_5 tratado com ácido fósfórico foi avaliado na esterificação do ácido oléico com metanol e o rendimento em éster foi de 35%. Os autores sugeriram que a introdução do grupo fosfato formaria fosfato de nióbio, que atuaria como um sítio catalítico ativo (PIETRE et al., 2010). ARANDA et al. (2009) estudaram o uso do óxido de nióbio na esterificação do óleo de palma com metanol e com o etanol. Eles avaliaram a influência do álcool na conversão em éster, avaliaram também a influência do tamanho da partícula do catalisador (pó, *pellet* menor, *pellet* maior), a influência da presença ou não de água no meio reacional e a influência da calcinação do catalisador (feita à 300°C por 2 h). Os estudos mostraram que a esterificação foi mais bem sucedida empregando-se metanol ao invés do etanol. Foram alcançadas conversões de 82% usando-se o metanol nas condições de 2% em massa de Nb_2O_5 de *pellet* de menor diâmetro, razão molar óleo/álcool de 1:3, temperatura de 130°C e 1 h de reação. Com o uso do etanol nas mesmas condições, obteve-se conversão de 24%. No que tange ao tamanho das partículas, observou-se que usando-se tanto o *pellet* menor, quanto o *pellet* maior do óxido de nióbio, as conversões foram bem próximas e superiores às obtidas com o uso do catalisador em pó. Com os *pellets* as conversões ficaram por volta de 75-80% e com uso do pó, a conversão ficou em torno de 60%. Com relação à presença de água na reação e à calcinação prévia do catalisador, os dados mostraram que as conversões foram bem menores quando o meio reacional continha água, com valor máximo de conversão de 30% em éster. Para o caso da calcinação, observou-se que o catalisador calcinado previamente apresentou melhor atividade catalítica do que o catalisador sem tratamento. As conversões obtidas foram de cerca de 80% e 35%, respectivamente. BRANDÃO et al. (2009) avaliaram ácido nióbico ($Nb_2O_5 \cdot xH_2O$) e ácido nióbico tratado com ácidos minerais (HNO_3 , H_2SO_4 e H_3PO_4) na reação de transesterificação do óleo de soja e na reação de esterificação de ácidos graxos com metanol. Nas reações de transesterificação o rendimento em éster metílico foi inferior a 14%. Na reação de esterificação rendimentos de 57% foram alcançados com os catalisadores tratados com H_2SO_4 e H_3PO_4 , devido ao aumento da acidez do catalisador. GONÇALVES et al. (2011) avaliaram a reação de esterificação dos ácidos láurico, palmítico, esteárico, oléico e linoléico com metanol catalisada por ácido nióbico. Os resultados mostraram que a reatividade aumentava com o aumento da insaturação e da diminuição da cadeia hidrocarbônica. SANTOS et al. (2013) estudaram o efeito da temperatura de calcinação no óxido de nióbio e a sua performance catalítica na esterificação do ácido oleico com metanol. Foram avaliadas calcinações em 115°C, 300°C e 500°C e do catalisador sem calcinação. As reações de esterificação foram conduzidas com razão molar ácido/metanol de 1:30 e duração de 48 h, avaliando-se o efeito da razão catalisador/ácido (1:1 e 1:5) e o efeito da temperatura na reação (variada desde a temperatura ambiente até 170°C). Os dados mostraram que as conversões em éster aumentaram com o acréscimo de temperatura até 100°C. Nas reações à 170°C, por possível evaporação do metanol, as conversões foram mais baixas, chegando a um máximo de 67,6% com o catalisador

calcinado a 115°C. Com relação ao catalisador, observou-se que nas reações com razão catalisador/ácido de 1:1 as conversões foram maiores. Os pesquisadores mostraram que as reações catalisadas pelo catalisador calcinado a 300°C apresentaram conversões maiores. As condições reacionais que ofereceram a maior conversão em éster foram as utilizando-se catalisador calcinado à 300°C, conduzindo-se a esterificação na temperatura de 100°C, razão catalisador/ácido de 1:1 e usando-se tolueno como solvente auxiliar. A esterificação de ácidos graxos com álcoois na presença de ácido nióbio e fosfato de nióbio foi avaliada por BASSAN et al. (2013) e melhores resultados foram obtidos com o fosfato de nióbio. ROCHA et al. (2018) avaliaram o uso de minério de nióbio à base de Nb_2O_5 misturado com óxido de cálcio na proporção de 1:1 para a transesterificação do óleo de soja com metanol. Este sistema foi avaliado pelos parâmetros de quantidade de catalisador (variado de 0,3% até 5,0% m/m) e tempo reacional (de 224 até 1049 minutos). Os pesquisadores obtiveram um rendimento de 99,98% na transesterificação empregando razão molar de 1:100 de óleo/metanol, 5% em massa de catalisador e 224 minutos de reação. STURT et al. (2019) estudaram a atividade catalítica do óxido de nióbio modificado com grupos sulfato na esterificação do ácido oleico com metanol. Os pesquisadores estudaram a influência da razão molar ácido/metanol (de 1:5 até 1:25), da quantidade de catalisador (variada de 2,0% até 10,0% m/m) e do tempo reacional (de 5 minutos até 8 h) nesta reação e obtiveram uma conversão de 92% com 4 h de reação, 5% de catalisador e com razão molar ácido/metanol de 1:20. O grupo sulfato foi capaz de aumentar a acidez de Brønsted do óxido de nióbio, permitindo assim um desempenho catalítico bastante satisfatório. O catalisador também foi avaliado quanto à sua reusabilidade e foi observado que após 5 ciclos de reuso, o rendimento obtido na esterificação manteve-se acima de 80%. RADE et al. (2019) avaliaram o efeito da temperatura de calcinação (de 300° até 600°C) do fosfato de nióbio na sua acidez, estrutura, propriedades texturais e a relação dessas variáveis na atividade catalítica deste catalisador na esterificação contínua do ácido oleico com etanol. Os resultados obtidos mostraram que com a calcinação a 300°C propiciou uma a maior acidez, a maior área superficial e um melhor desempenho catalítico do fosfato de nióbio. Com o catalisador obtido nessas condições obteve-se 61% de rendimento na esterificação do ácido oleico utilizando-se razão molar ácido/álcool de 1:6, temperatura de 250°C, 0,3 g do catalisador e vazão de 0,3 mL/min do substrato. CUBIDES-ROMÁN et al. (2019) avaliaram o óxido de nióbio em conjunto com o óxido de cálcio na proporção de 1:1 para a transesterificação do óleo de macaúba. O catalisador foi obtido pela mistura dos dois óxidos e posterior calcinação em mufla por 5 h à 600°C. Alguns parâmetros reacionais foram avaliados, como a razão molar óleo/metanol, que variou de 1:18 até 1:36, o percentual de catalisador, que variou de 1 a 3% e a temperatura reacional, que variou de 60 a 80°C. Os resultados mostraram que com este catalisador de nióbio foi possível obter rendimentos próximos a 90% empregando-se razão molar de 1:18, temperatura de 60°C e 3% de catalisador.

ARPINI et al. (2019) avaliaram o uso do oxalato amoniacal de nióbio na transesterificação de alguns óleos vegetais como o óleo de soja e canola. Para este estudo foram empregados 0,5 g do óleo e 1,5 g de álcool (metanol e etanol), e foram feitos estudos variando-se alguns parâmetros reacionais, como o percentual de catalisador (20% e 100% m/m com o óleo), tempo reacional (4, 24 e 48 h) e temperatura (25 e 75°C). Os autores observaram que na transesterificação do óleo de soja com etanol obteve-se maiores conversões em biodiesel após 48 h de reação, 100% m/m de catalisador e temperatura de 75°C, atingindo-se por volta de 75% de conversão. Para o óleo de soja a conversão em biodiesel não chegou nem a 10%, mesmo com uso de 100% m/m do catalisador. Com relação ao óleo de canola, na transesterificação com etanol obteve-se conversões em biodiesel próximas a 60% na condição de 100% m/m de catalisador. Já usando-se metanol como álcool, obteve-se uma conversão de cerca de 10% na transesterificação do óleo de canola. Recentemente óxido de nióbio impregnado com sódio ($\text{Na/Nb}_2\text{O}_5$) foi avaliado na transesterificação de diferentes óleos vegetais com etanol. Foram utilizados como substratos óleos vegetais, como o óleo de andiroba, babaçu, *alga*, *pinhão manso*, palma e soja entre outros. Os autores encontraram conversões do óleo em éster etílico superiores a 95% com 10% de catalisador, relação molar etanol:óleo que variou de 59 a 75, temperatura de 78°C e cinco horas de reação. A estabilidade estrutural do catalisador após as reações foi constatada por análise da concentração de sódio no biodiesel e no catalisador (CARVALHO et al., 2020).

A Tabela 1 apresenta os dados da literatura acerca do emprego de catalisadores heterogêneos contendo nióbio para a produção de biodiesel.

3 I CATALISADORES A BASE DE TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

RUSSBUELDT et al. (2010) avaliaram óxidos de terras raras como o Y_2O_3 , La_2O_3 , CeO_2 , Pr_6O_{11} , Nd_2O_3 , Sm_2O_3 na reação de transesterificação do óleo de palma com metanol. Os melhores resultados foram obtidos com o La_2O_3 , devido à basicidade do catalisador. A atividade catalítica do óxido de cério (IV) foi estudada por WONG et al. (2015) em reações de transesterificação do óleo de palma. O catalisador óxido de cério (IV) em mistura com óxido de cálcio (CaO-CeO_2) foi obtido por impregnação e avaliado quanto à porcentagem relativa de CaO presente no catalisador. As reações de transesterificação foram realizadas utilizando-se 5% (m/m) de catalisador, refluxo a 65 °C, pressão ambiente, relação molar de 1:12 de óleo de palma:metanol, e variando-se entre 10 e 70% as porcentagens de óxido de cálcio no catalisador. Para uma relação de 50%, foi obtida a conversão máxima de 95% em éster metílico após 4 horas de reação.

Catalisador	Matéria-prima	Condições de reação	Rendimento em éster (%)	Referência
Nb ₂ O ₅	Óleo de palma	Razão molar óleo/metanol/1/3, 2% de catalisador, 130°C 1h	82*	Aranda et al., 2009
Nb ₂ O ₅ ·nH ₂ O	Ácido Oléico	Razão molar ácido/metanol/1:30, 100% de catalisador, 100°C,48h	82,5*	Santos et al., 2013
NbOPO ₄ ·nH ₂ O	Ácido Oléico	Razão molar ácido/etanol/6/1, 0,3g de catalisador, 250 °C	61	Rade et al., 2019
Nb ₂ O ₅ /CaO	Óleo de soja	Razão molar óleo/metanol 1/100,0,15 g de catalisador,3h e 44 min	99,98	Rocha et al.,2018
Nb ₂ O ₅ /CaO	Óleo de macaúba	Razão molar óleo/metanol 1/18, 3% de catalisador, 60°C	89	Cubides-Román et al., 2019
Na/Nb ₂ O ₅	Óleo de soja	Razão molar óleo/etanol 1/59, 10% de catalisador, 78°C	96,6	Carvalho et al. 2020
Nb ₂ O ₅ /SO ₄ ²⁻	Ácido Oléico	Razão molar ácido/metanol/1/20, 5% de catalisador,170 °C,4h.	92	Sturt et al., 2019
Nb ₂ O ₅ /H ₂ SO ₄ Nb ₂ O ₅ /H ₃ PO ₄ Nb ₂ O ₅ /HNO ₃	Óleo de soja	Relação m/m óleo/ metanol/10/2, 0,1 g de catalisador,160°C,2h.	5 14 5	Brandão et al., 2009
Nb ₂ O ₅ /H ₂ SO ₄ Nb ₂ O ₅ /H ₃ PO ₄ Nb ₂ O ₅ /HNO ₃	Ácidos graxos	Relação m/m ácido/ metanol / 10/4, 0,1g de catalisador,160°C, 1h.	57 57 40	Brandão et al., 2009

*conversão.

Tabela 1- Dados da literatura sobre catalisadores heterogêneos contendo nióbio para a produção de biodiesel.

A transesterificação do óleo de pinhão manso refinado foi avaliada por ZHOU et al. (2015) utilizando-se nano La₂O₃-S e nano La₂O₃-H como catalisadores. O primeiro material foi sintetizado por método sonoquímico, que permite preparar materiais nanoestruturados a partir de tratamento com ultrassom, e o segundo pelo método hidrotérmico. Para as reações de transesterificação, os autores utilizaram uma relação molar de 1:28 de óleo:metanol, 10% (m/m) de catalisador e temperatura de 180 °C durante 90 minutos. Sob essas condições foram obtidas conversões em biodiesel de 90,3% e 94,8% para o nano La₂O₃-S e nano La₂O₃-H respectivamente. Considerando-se o menor tempo de preparação e a simplicidade do método sonoquímico, avaliou-se também o catalisador sintetizado por este método quanto à temperatura de reação (150°C – 200°C), tempo de reação (30 min – 180

min), relação molar óleo:metanol (1:16 – 1:36) e % (m/m) de catalisador (2 – 12). A melhor conversão em biodiesel foi obtida utilizando-se uma relação molar de 28:1, 180°C e 10% (m/m) de catalisador em um tempo reacional de 120 minutos, quando foram alcançados 97,6% de rendimento. O uso de uma maior quantidade de catalisador promoveu o processo de saponificação, reduzindo a efetividade da reação. No trabalho realizado por VEIGA et al. (2016), foram sintetizados óxidos mistos de lantânio e zinco por método de co-precipitação. A avaliação catalítica dos catalisadores foi realizada por reações de transesterificação em dois tipos de óleo de soja, o refinado e com 10%(m/m) de ácido oleico em sua composição. Utilizou-se metanol sob relação molar de 1:45, temperatura de 200°C, pressão autóloga e 5% (m/m) de catalisador por 4 horas de reação. Variou-se a relação molar de Zn e La no catalisador ($Zn/La = 9/1$ e $Zn/La = 1/1$), além da temperatura de calcinação (450°C e 750 °C). Para o óleo de soja refinado, o catalisador com a maior proporção de Zn apresentou o melhor resultado de conversão, de 91%, quando a calcinação foi de 450°C, o que indicou que o óxido de zinco teria um papel importante na transesterificação de triglicerídeos. Para o óleo de soja com ácido oleico, obteve-se o maior rendimento, de 95%, com o emprego do catalisador com proporções iguais de Zn e La calcinado a 750°C. Os resultados indicaram que, para o óxido de lantânio, a maior temperatura de calcinação promoveu os melhores rendimentos na transesterificação dos triglicerídeos e esterificação do ácido oleico, simultaneamente. No trabalho realizado por NASREEM et al. (2017) na síntese de catalisadores para a produção de biodiesel, uma amostra de cinza composta por uma mistura dos óxidos SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O e MgO foi usada como suporte para os óxidos de lantânio (La_2O_3) e manganês (MnO). Foram preparados 4 materiais diferentes: La:cinza, Mn:cinza, Mn:La e Mn:La:cinza, por impregnação e co-precipitação, variando-se o tempo de calcinação (1h e 6h). As reações de transesterificação foram realizadas com relação molar óleo de soja:metanol de 1:36, 4% (m/m) de catalisador a 200°C por 4 horas de reação. Foi observado que o aumento do tempo de calcinação foi acompanhado por um aumento na atividade catalítica, chegando-se a obter 99% de conversão em éster metílico para o catalisador Mn:La:cinza calcinado a 700°C por 6 horas. O uso de óxidos de terras raras, como por exemplo, o óxido de lantânio (La_2O_3) como catalisador em reações de transesterificação do óleo de palma, foi avaliado quanto a temperatura de reação, relação molar óleo:metanol e porcentagem (m/m) de catalisador. Identificou-se que ao elevar as condições reacionais em cada um destes parâmetros, obteve-se uma maior conversão em biodiesel. Utilizando-se 10% (m/m) de catalisador, relação molar 1:30 de óleo:metanol e 200°C obteve-se 97% de conversão em éster metílico após 45 minutos de reação (RATTANAPHRA et. al., 2019). No trabalho realizado por SALINAS et al. (2019), foram sintetizados catalisadores por método Sol-Gel, em que o óxido de lantânio (La_2O_3) se encontra suportado por dois diferentes óxidos, a alumina (Al_2O_3) e a zircônia (ZrO_2). Os materiais sintetizados foram avaliados na transesterificação do óleo de canola para analisar a influência do óxido de lantânio na reação. Cada procedimento foi feito com relação

molar de 1:36 de óleo de canola:metanol, 7% (m/m) de catalisador para as reações com a alumina pura e suportada, e 3% (m/m) para a zircônia pura e suportada, na temperatura de 65°C e pressão ambiente. As duas reações feitas sem a presença do óxido de lantânio apresentaram conversões menores do que 1%. Entretanto ao se utilizar $\text{La}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{La}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$, foram obtidas conversões em éster metílico de 46% e 60% respectivamente. Portanto, mesmo sob as condições de pressão ambiente e temperatura de ebulição do metanol, a presença do óxido de lantânio aumentou de forma significativa a efetividade da reação. A Tabela 2 apresenta os dados da literatura acerca do emprego de catalisadores heterogêneos contendo nióbio para a produção de biodiesel.

Catalisador	Matéria-prima	Condições de reação	Rendimento em éster (%)	Referências
CaO-CeO_2	Óleo de palma	Razão molar óleo/metanol de 1:12, 5% m/m de catalisador com 50% de CaO , refluxo a 65°C e 4 h de reação	95%	Wong et al., 2015
Nano La_2O_3 -S e nano La_2O_3 -H	Óleo de pinhão manso	Razão molar de óleo/metanol de 1:28, 10% m/m de catalisador, 180°C e 90 minutos de reação	90,3% e 94,8%, respectivamente	Zhou et al., 2015
Nano La_2O_3 -S e nano La_2O_3 -H	Óleo de pinhão manso	Razão molar de óleo/metanol de 1:28, 10% m/m de catalisador, 180°C e 120 minutos de reação	97,6%	Zhou et al., 2015
Óxidos mistos de La e Zn	Óleo de soja	Razão molar óleo/metanol 1:45, 5% m/m de catalisador, 200°C, 4 h de reação	91%	Veiga et al., 2016
Mistura de óxidos SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , MgO e La_2O_3 , MnO	Óleo de soja	Razão molar óleo/metanol de 1:36, 4% m/m de catalisador, 200°C e 4 h de reação	99% de conversão	Nasreem et al., 2017
La_2O_3	Óleo de palma	Razão molar óleo/metanol 1:30, 10% m/m de catalisador, 200°C e 45 minutos de reação	97% de conversão	Rattanaphra et al., 2019
La_2O_3 suportado em alumina	Óleo de canola	Razão molar óleo/metanol 1:36, 7% m/m de catalisador, 65°C.	46%	Salinas et al., 2019
La_2O_3 suportado em zircônia	Óleo de canola	Razão molar óleo/metanol 1:36, 3% m/m de catalisador, 65°C.	60%	Salinas et al., 2019

Tabela 2- Dados da literatura sobre catalisadores heterogêneos contendo terras raras para a produção de biodiesel.

4 | CONCLUSÕES

A catálise heterogênea se apresenta como um processo muito interessante na

produção de biodiesel devido à fácil separação e reutilização do catalisador. Dentre os catalisadores avaliados nesta revisão podemos destacar o óxido de nióbio em reações de ácidos graxos com álcoois. Em relação às reações de transesterificação, o $\text{Na/Nb}_2\text{O}_5$ se apresenta como um catalisador eficiente para a transesterificação de óleos vegetais com etanol. Os catalisadores contendo terras raras são também promissores para a produção de biodiesel. Os catalisadores de lantânio tem sido os que apresentaram os melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPERJ, pela bolsa PIBIC e auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANP, **Evolução do percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil**. <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>, acessado em maio de 2021.

AGUIAR, V.M.; SOUZA, A.L.F.; GALDINO, F.S.; SILVA, M.M.C.; TEIXEIRA, V.G.; LACHTER, E.R. Sulfonated poly(divinylbenzene) and poly(styrene-divinylbenzene) as catalysts for esterification of fatty acids, **Renewable Energy** 114 (2017) 725.

ARANDA, D.A.G.; GONÇALVES, J.A.; RAMOS, A.L.D.; MELO JR, C.A.R.; ANTUNES, O.A.C.; FURTADO, N.C.; TAFT, C.A., The use of acids, niobium oxide and zeolite catalysts for esterification reactions. **Journal of Physical Organic Chemistry**. 22 (2009) 709.

ARPINI, B.H.; CUBIDES-ROMÁN, D.C.; JAVARINI, C.L.; ARAÚJO, M.C.; DAVID, G.F.; SANTOS, R.B.; ROMÃO, W.; NETO, A.C.; LACERDA JR., V., Simple niobium catalysts applied in reflux and ultrasound-assisted systems for biofuel synthesis. **Journal of Brazilian Chemical Society Journal of Physical Organic Chemistry** 30 (2019)1897.

BASSAN, I.A.L.; NASCIMENTO, D.R.; SAN GIL, R.A.S.; SILVA, M.I.P.; MOREIRA, C.R.; GONZALEZ, W.A.; FARO JR., A.C.; ONFROY, T.; LACHTER, E.R., Esterification of fatty acids with alcohols over niobium phosphate, **Fuel Processing Technology** 106 (2013) 619.

BRANDÃO, R.F.; QUIRINO, R.L.; MELLO, V.M.; TAVARES, A.P.; PERES, A.C., GUINHOS, F.; RUBIM, J.C.; SUAREZ, P.A.Z. Synthesis, Characterization and use of Nb_2O_5 based Catalysts in Producing Biofuels by Transesterification, Esterification and Pyrolysis, **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 20 (2009) 954.

BRUZIQUESI, C.G.O.; BALENA, J.G.; PEREIRA, M.C.; SILVA, A.C.; OLIVEIRA, L.C.A., Nióbio: Um Elemento Químico Estratégico Para o Brasil, **Química Nova** 42 (2019) 1184.

CARVALHO et al. (2020) CARVALHO, A.K. F.; BENTO, H.B.S.; LIMA, R.; de CASTRO, H.F., Use and Reusability of the $\text{Na/Nb}_2\text{O}_5$ Catalyst in the Ethanolysis of Different Feedstocks for Biofuel Production: Confirmation of Heterogeneity of the Catalyst, **Energy Fuels** 34 (2020) 7105.

CHANGMAI, B.; VANLALVENI, C.; INGLE, A.P.; BHAGAT, R.; ROKHUM, S.L., Widely used catalysts in biodiesel production: a review, **RSC Advances** 10 (2020) 41625.

CORDEIRO, C.S.; PEREIRA, P.H.F.; RODRIGUES, L.A.; SILVA, M.L.C.P., Tecnologias de produção de biodiesel, **Química Nova** 34 (2011) 47.

CUBIDES-ROMÁN, D.C.; CONSTANTINO, ANDRÉ F; DAVID, G.F.; MARTINS, L.F.; SANTOS, R.B.; ROMÃO, W.; CUNHA NETO, A.; LACERDA JR., V. Methyl esters production by heterogeneous catalyst mixtures of CaO/Nb₂O₅ with simulation of analysis of environmental impacts. **Journal of the Brazilian Chemical Society** 30 (2019) 562.

DHAINAUT, J.; DACQUIN, J.P.; LEE, A.F.; WILSON, K., Hierarchical macroporous–mesoporous SBA-15 sulfonic acid catalysts for biodiesel synthesis, **Green Chemistry** 12 (2010) 296.

GAMA, P.E.; LACHTER, E.R.; SAN GIL, R.A.S.; COELHO, A.V.; SIDIA, I.A.; POUBELA, R.L.; FARO JR., A.C.; SOUZA, A.L.F., Caracterização e atividade catalítica de K₂CO₃/Al₂O₃ na transesterificação do óleo de girassol com aquecimento convencional e micro-ondas, **Química Nova** 38 (2015) 185.

GONÇALVES, J.A.; RAMOS, A.L.D.; ROCHA, L.L.L.; DOMINGOS, A.K.; MONTEIRO, R.S.; PERES, J.S.; FURTADO, N.C.; TAFT, C.A.; ARANDA, D.A.G., Niobium oxide solid catalyst: esterification of fatty acids and modeling for biodiesel production, **Journal of Physical Organic Chemistry** , 24 (2011) 54.

KISS, A. A.; DIMIAN, A. C.; ROTEMBERG, G. Solid Acid Catalysts for Biodiesel Production - Towards Sustainable Energy, **Advanced Synthesis & Catalysis** 75 (2006) 348.

LOTERO, E.; LIU, Y.; LOPEZ, D.E.; SUWANNAKARN, K.; BRUCE, D.A.; GOODWIN, J.G., Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, **Industrial & Engineering Chemistry Research** 44 (2005) 5353.

MENEZES, R.S. **Biodiesel no Brasil: Impulso Tecnológico**: volume 1. UFLA. 2016.

MIRANDA, J.L.; MOURA, L.C; FERREIRA, H.B.P.; ABREU, T.P., O Antropoceno e o CO₂: Processos de Captura e Conversão, **Revista Virtual de Química** 10 (2018) 1915.

NASREEM, S.; NAFEEES, M.; JAFFAR, M.M.; QURASHI, L.A.; TABRAIZ, S.; KHAN, R., Comparison and effect of Cinder supported with Manganese and Lanthanum oxide for biodiesel production, **International Journal of Hydrogen Energy** 42 (2017) 18389.

NI, J; MEUNIER, F.C.; Esterification of free fatty acids in sunflower oil over solid acid catalysts using batch and fixed bed-reactors **Applied Catalysis A: General** 333 (2007) 122.

OKASAKI, S.; WADA, N., Surface properties and catalytic activities of amorphous niobium phosphate and a comparison with those of H₃PO₄-treated niobium oxide, **Catalysis Today** 16 (1993) 349.

PIETRE, M.K.; ALMEIDA, L.C.P.; LANDERS, R.; VINHAS, R.C.G.; LUNA, F.J., H₃PO₄- and H₂SO₄-treated niobic acid as catalyst for methyl ester production, **Reaction Kinetics, Mechanisms, and Catalysis** 99 (2010) 269.

PINTO, A.C.; GUARIEIRO; L.L.N.REZENDE, M.J.C.; RIBEIRO, N.M.RIBEIRO; TORRES, E.A.; LOPES, W. A.; PEREIRA P.A.; ANDRADE, J.B. Biodiesel: An Overview, **Journal of Brazilian Chemical Society** 16 (2005) 1313-1330.

RADE, L.L.; LEMOS, C.O.T.; BARROZO, M.A.S.; RIBAS, R.M.; MONTEIRO, R.S.; HORI, C.E., Optimization of esterification reaction over niobium phosphate in a packed bed tubular reactor, **Renewable Energy** 131 (2019) 348.

RAMOS L.P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F.; MUNIZ-WYPYCH, A.S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C.S., Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis, **Revista Virtual de Química** 9 (2017) 317.

RATTANAPHRA, D.; SOODJIT, P.; THANAPIMMETHA, A.; SAISRIYOOT, M.; SRINOPHAKUN, P., Synthesis, characterization and catalytic activity studies of lanthanum oxide from Thai monazite ore for biodiesel production, **Renewable Energy** 131 (2019) 1128.

REIS, M. C.; FREITAS, F.A.; LACHTER, E.R.; SAN GIL, R.A.S.; NASCIMENTO, R.S.V.; POUBEL, R.L.; BORRÉ, L.B., Produção de biodiesel a partir de ácidos graxos provenientes do refino de óleos vegetais via catálise ácida heterogenea e micro-ondas, **Química Nova** 38 (2015) 1307.

ROCHA, B. G.; FABRIS, J. D.; CAVALCANTE, L.C.D. **Minério de nióbio como catalisador para produção de biodiesel**. Contribuição técnica, 73º Congresso Anual da ABM, 2018.

RUSSBUELDT, B.M.E.; HOELDERICH, W.F., New rare earth oxide catalysts for the transesterification of triglycerides with methanol resulting in biodiesel and pure glycerol, **Journal of Catalysis** 271 (2010) 290–304.

SALINAS, D.; ESCALONA, N.; PECCHI, G.; FIERRO, J.L.G., Lanthanum oxide behavior in $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ and $\text{La}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ catalysts with application in FAME production, **Fuel** 253 (2019) 400.

SANTOS, D.A.; LACERDA, V.; ROCHA, J.T. do C.; dos SANTOS, R.B.; GRECO, S.J.; NETO, A.C.; SILVA, R.C.; CASTRO, E.V.R. Effect of $\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ thermal treatment on the esterification of a fatty acid, **Modern Research in Catalysis** 2 (2013) 63-67.

SHUCHARDT, U.; SERCELI, R.; VARGAS, R.M. Transesterification of Vegetable Oils: a Review, **Journal of the Brazilian Chemical Society** 9 (1998) 199.

SOUSA FILHO, P.C.; SERRA, O.A. Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas, **Química Nova** 37 (2014) 753.

STURT, N. R. M.; VIEIRA, S. S.; MOURA, F. C. C. Catalytic activity of sulfated niobium oxide for oleic acid esterification. **Journal of Environmental Chemical Engineering** 7 (2019) 102866.

VEIGA, P.M.; VELOSO, C.O.; HENRIQUES, C.A., Synthesis of Zn,La-catalysts for biodiesel production from edible and acid soybean oil, **Renewable Energy** 99 (2016) 543.

WONG Y.C.; TAN, Y.P.; TAUFIQ-YAP, Y.H.; RAMLI, I.; TEE, H.S., Biodiesel production via transesterification of palm oil by using CaO-CeO_2 mixed oxide catalysts, **Fuel** 162 (2015) 288.

ZHOU, Q.; ZHANG, H.; CHANG, F.; LI, H.; PAN, H.; XUE, W.; HU, D.Y., YANG, S., Nano La_2O_3 as a heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis by transesterification of *Jatropha curcas* L. oil, **Journal of Industrial and Engineering Chemistry** 31 (2015) 385.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo genético 152, 155, 156

Amido 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127

Análise de incerteza 161

Anelamento 117, 119, 120, 125

Assinatura espectral 94

Avaliação de modelo 161

B

Bacia do Rio São Francisco 57, 58, 61, 63

Biodiesel 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

C

Cell planning 128

Celulose recalcitrante 112, 113, 114, 115

Circuito de Chua 79, 81, 84, 87, 88, 89, 91, 92

Classificação dos solos 94

D

Design e sustentabilidade 101, 107

E

Economia circular 101, 102, 103, 104, 107

Engenharia de agrimensura e cartográfica 66, 68, 69, 77, 78

Esmeraldas 20, 21, 42

Esterificação 43, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 119

G

Geossistema 1, 2, 3, 5, 6

I

IMC 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Inclusões 20, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42

Indoor environments 128, 142

Influências 7, 8, 10, 12, 13

L

Licenciatura em química 15, 16, 17, 19

M

Manobras orbitais 152

Mapeamento digital 94

Matriz curricular 15, 16, 17

Modelagem matemática 112

Mudança climática 161, 162

Multidisciplinariedade 1

N

Nióbio 43, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55

O

Otimização 152, 159

P

Paisagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 100

Palha de cana-de-açúcar 112, 113, 114, 116

Pêndulo duplo 79, 81, 84, 85, 87, 91

Perdas de água 57, 58, 60, 61, 63, 64

Pesquisa e metodologia do design 101

Pindobaçu 20, 21, 22, 23, 28, 41

Políticas públicas 57, 58, 63, 64, 143, 144, 150

Preservação 11, 57, 62, 63, 103

Pré-tratamento hidrotérmico 112, 113, 114, 116

Projeção climática 161

Propagation measurements 128

Propagation models 128, 129, 141

Propriedades físicas 27, 117

Q

Qualidade de vida 143, 144, 146, 150, 151

Química inorgânica 15, 16, 17, 18

R

Ray tracing method 128, 133, 141

Reaproveitamento de resíduos 101

S

Saúde 7, 8, 10, 11, 13, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Saúde e meio ambiente 7, 8, 10, 13

Sensor Aisafenix 94

Sistemas caóticos 79, 80, 81, 83

Sistemas não-lineares 79, 81, 92

Soja transgênica 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Swing by 152, 153, 154, 155, 156, 159

T

Terras raras 43, 47, 51, 52, 53, 54

Têxteis 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 110

Transesterificação 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2