

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

3

Francisco Odécio Sales
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

3

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 Cremona

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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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

Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a 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

Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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

Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a 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. 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
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 Miranilde 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/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
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
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. 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. 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
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/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. 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
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. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
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 Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Kimberly Elisandra Gonçalves Carneiro
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 3 / 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 978-65-5706-712-3

DOI 10.22533/at.ed.123211301

1. Terra. 2. Ciências Exatas. 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

A coleção “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 22 capítulos. Esse 3º volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais.

Tal obra objetiva publicizar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3 apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN MICROSTRUCTURE AND MICROHARDNESS IN HYPEREUTECTIC Al-Fe ALLOY PROCESSED BY LASER SURFACE REMELTING

Moises Meza Pariona

DOI 10.22533/at.ed.1232113011

CAPÍTULO 2..... 15

UMA ANÁLISE DA COMERCIALIZAÇÃO E CONTROLE METROLÓGICO DE GNV NO BRASIL

Edisio Alves de Aguiar Junior

Rodrigo Ornelas de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.1232113012

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE DE FALHA POR MEIOS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE RAIOS-X DE UM SENSOR DE TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA AUTOMOTIVA

Miguel Angel Neri Flores

DOI 10.22533/at.ed.1232113013

CAPÍTULO 4..... 35

ASTROFÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Karina Edilaini da Silva Barros

DOI 10.22533/at.ed.1232113014

CAPÍTULO 5..... 48

AVALIAÇÃO DE METAIS EM LODO RESIDUAL DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGEM DE PAPEL RECICLADO NO INTERIOR DO PARANÁ

Amália Gelinski Gomes

Cristiana da Silva

Délia do Carmo Vieira

Adriana Pereira Duarte

Janksyn Bertozzi

Alessandra Stevanato

DOI 10.22533/at.ed.1232113015

CAPÍTULO 6..... 68

BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS E DE FABRICAÇÃO: IMPORTÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DE PIMENTA *CAPSICUM*

Cleide Maria Ferreira Pinto

Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto

Roberto Fontes Araújo

Sérgio Mauricio Lopes Donzeles

DOI 10.22533/at.ed.1232113016

CAPÍTULO 7.....99

COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM GEOESTATÍSTICA EM UMA PARCELA EXPERIMENTAL

Ícaro Viterbre Debique Sousa
Heron Viterbre Debique Sousa
Antonio Mendes Magalhães Júnior
Paulo Henrique Gomes dos Santos
Álvaro Vinícius Machado
Igor Luis de Castro Faria
Hudson Marques Machado
Marcus Vinícius Gonçalves Antunes

DOI 10.22533/at.ed.1232113017

CAPÍTULO 8..... 107

CORRELAÇÃO ENTRE DPL E SPT PARA CAMADA DE AREIA EM DEPÓSITO EÓLICO DE FORTALEZA, CEARÁ

Samuel Castro Prado
Giullia Carolina de Melo Mendes
Marcos Fábio Porto de Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.1232113018

CAPÍTULO 9..... 115

DENSIDADE E SUCESSÃO ECOLÓGICA DAS ÁREAS CILIARES NA MICROBACIA URBANIZADA DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO

Marcos Vinicius Cardoso Silva
Asafe Santa Bárbara Gomes
Maria Cristina Bueno Coelho
Nelita Gonçalves Faria de Bessa
Juliana Barilli
Marcos Vinicius Giongo Alves
Maurilio Antonio Varavallo
Mauro Luiz Erpen
Yandro Santa Brigida Ataíde
Mathaus Messias Coimbra Limeira

DOI 10.22533/at.ed.1232113019

CAPÍTULO 10..... 125

ELETRODO DE GRAFITE EXTRAÍDO DE PILHA COMUM E SUA REUTILIZAÇÃO NA ELETRÓLISE DA SALMOURA

Amanda Maria Barros Alves
Aurelice Barbosa de Oliveira
Filipe Augusto Gomes Braga
Marcus Raphael Souza Leitão

DOI 10.22533/at.ed.12321130110

CAPÍTULO 11..... 134

FITÓLITOS DE SEDIMENTOS E PLANTAS – MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

Heloisa Helena Gomes Coe
David Oldack Barcelos Ferreira Machado
Sarah Domingues Fricks Ricardo
Karina Ferreira Chueng

DOI 10.22533/at.ed.12321130111

CAPÍTULO 12..... 150

INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO PÚBLICA DE LONDRINA – PR

Gilnei Machado

DOI 10.22533/at.ed.12321130112

CAPÍTULO 13..... 162

MEDIÇÃO EXPERIMENTAL E MODELAGEM TERMODINÂMICA DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-LÍQUIDO DE SISTEMAS CONTENDO ETANOL, ACETATO DE ETILA E ÁGUA

Natalia Inacio Lourenço
Edson Massakazu de Souza Igarashi
Pedro Felipe Arce-Castillo

DOI 10.22533/at.ed.12321130113

CAPÍTULO 14..... 173

MODIFICAÇÃO NA ESTRUTURA MOLECULAR DO ÁCIDO SALICÍLICO E BIOENSAIOS TOXICOLÓGICOS FRENTE A LARVAS DE *Artemia salina* LEACH

Carlos Eduardo Rodrigues Aguiar
Yasmim dos Santos Alves
Tatiana de Almeida Silva
Bruna Barbosa Maia da Silva
Jaqueline Ferreira Ramos
Josefa Aqueline da Cunha Lima
Jadson de Farias Silva
Juliano Carlo Rufino Freitas

DOI 10.22533/at.ed.12321130114

CAPÍTULO 15..... 184

O USO DO SIG NO DESENVOLVIMENTO DOS GRUPOS DE ESTUDOS: O CASO DO GRUPO “ANÁLISE GEOAMBIENTAL E SUAS PAISAGENS DE EXCEÇÃO” - ANGEO

Ana Carla Alves Gomes
Ana Lúcia Moura Andrade
Emerson Rodrigues Lima
Gabriely Lopes Farias
Tháís Helena Nunes da Silva
Maria Lúcia Brito da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.12321130115

CAPÍTULO 16.....	196
POTENCIAL SOLAR NA ILHA DE FLORIANÓPOLIS – PROPOSTA DE MÉTODO	
Vivian da Silva Celestino Reginato	
DOI 10.22533/at.ed.12321130116	
CAPÍTULO 17.....	211
QUEIJOS COLONIAIS COMERCIALIZADOS NA MICRORREGIÃO DE FRANCISCO BELTRÃO, PARANÁ: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA E PERFIL DE RESISTÊNCIA BACTERIANA	
Kérley Braga Pereira Bento Casaril	
Katiana Henning	
Caroline Giane de Carli	
Ariane Spiassi	
Débora Giaretta Zatta	
DOI 10.22533/at.ed.12321130117	
CAPÍTULO 18.....	228
SEQUÊNCIA DE FIBONACCI: A MATEMÁTICA PRESENTE NA NATUREZA	
José Augusto Pereira Nogueira	
Antonia Erineide Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.12321130118	
CAPÍTULO 19.....	235
SOFTWARE GEOGEBRA COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES VETORIAIS	
Maurício do Socorro Rodrigues Ferreira	
José Francisco da Silva Costa	
Nélio Santos Nahum	
Walber Do Carmo Farias	
José Augusto dos Santos Cardoso	
Rosenildo da Costa Pereira	
Reginaldo Barros	
Rodinely Serrão Mendes	
Rosana dos Passos Corrêa	
Márcio José Silva	
Joana Darc de Sousa Carneiro	
Genivaldo dos Passos Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.12321130119	
CAPÍTULO 20.....	250
TERMOS/SINAIS DA TABELA PERIÓDICA: POSSIBILIDADE DE ACESSO E APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SURDOS	
Vanessa Argolo Oliveira	
Jorge Fernando Silva de Menezes	
DOI 10.22533/at.ed.12321130120	

CAPÍTULO 21	263
EFFECT OF <i>Luehea divaricata</i> AND <i>Pterodon emarginatus</i> EXTRACTS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF SOYBEAN BIODIESEL	
Anelize Felício Ramos	
Lucas Lion Kozlinskei	
José Osmar Castagnolli Junior	
Thiago Mendanha Cruz	
Eder Carlos Ferreira de Souza	
Sandra Regina Masetto Antunes	
Pedro Henrique Weirich Neto	
Maria Elena Payret Arrúa	
DOI 10.22533/at.ed.12321130121	
CAPÍTULO 22	275
ANODO DE ALUMÍNIO COM NANOPOROS CONTENDO NIÓBIO PARA USO EM SISTEMA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL	
Guilherme Arielo Rodrigues Maia	
Paulo Rogério Pinto Rodrigues	
Josealdo Tonholo	
DOI 10.22533/at.ed.12321130122	
SOBRE O ORGANIZADOR	286
ÍNDICE REMISSIVO	287

CAPÍTULO 21

EFFECT OF *Luehea divaricata* AND *Pterodon emarginatus* EXTRACTS ON THE OXIDATIVE STABILITY OF SOYBEAN BIODIESEL

Data de aceite: 04/01/2021

Anelize Felício Ramos

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Lucas Lion Kozlinski

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Química
Aplicada
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

José Osmar Castagnolli Junior

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Thiago Mendanha Cruz

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Química
Aplicada
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Eder Carlos Ferreira de Souza

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia
Ponta Grossa, Paraná, Brasil
Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Química
Aplicada
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Sandra Regina Masetto Antunes

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia
Ponta Grossa, Paraná, Brasil
Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Química
Aplicada
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Pedro Henrique Weirich Neto

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Maria Elena Payret Arrúa

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia
Ponta Grossa, Paraná, Brasil

ABSTRACT: This work investigated the use of *Luehea divaricata* and *Pterodon emarginatus* antioxidant natural extracts as biofuel additives and their compositions, more specifically for soybean biodiesel. The soybean biodiesel was produced by homogeneous catalysis using methanol and sodium methoxy by transesterification and characterized using NMR and gas chromatography techniques. The vegetable origin additives came from *L. divaricata* barks and *P. emarginatus* seeds. Although these species are reported the literature regarding their phenolic composition and antioxidant properties, the studies about antioxidant activity in biodiesel are not reported. The oxidative stability of soybean biodiesel added with the extracts was evaluated using the Rancimat equipment

accelerated oxidation technique according to the EN 14112 specification. The analysis of results showed a significant increase in the induction period when the alcoholic extracts of this two vegetable species were added, evidencing their antioxidant action in the soybean biodiesel. The values found for the extract-added biodiesel induction were over 8.0 h, when the additive concentration was equal or over 125 ppm with the *L. divaricata* extract and 1200 ppm with the *P. emarginatus* extract.

KEYWORDS: Induction time, Natural antioxidants, *Pterodon emarginatus*, *Luehea divaricata*.

1 | INTRODUCTION

In the last few decades, biodiesel has become a biofuel of great importance in the world energy matrix. Biodiesel is considered a renewable, biodegradable and non-toxic fuel (Meira et al., 2015). It can be obtained from different raw-materials and production methodologies (Sarin et al., 2007; Berchmans and Hirata, 2008; Gaurav, Srivastava and Singh, 2013). In industry, it is usually obtained through the transesterification of vegetable oil and animal fat, using basic homogeneous catalysis and in the presence of methanol. This results in a mixture of fatty acid methyl esters and glycerin.

In any phase of the biodiesel productive process, degradation might occur due to the presence of oxygen, water, light, temperature, metallic ions, microorganisms, peroxides, among other factors that alter its physicochemical properties. The effect of these factors varies with the product conditions, for example, time and place of storage and transportation. Another factor influencing degradation is the biodiesel composition, depending on the raw-material used (Zhou, Xiong and Liu, 2017). The biodiesel degradation process is one of the main disadvantages in comparison with the petroleum diesel. To be commercialized, biodiesel must meet the quality specifications set by the norms (EN, ASTM and ANP in Brazil), such as viscosity, specific mass, acidity index and oxidative stability.

The oxidative stability is mainly related to the fatty acids composition of the raw-material used. The presence of unsaturated fatty acids interferes directly with the biodiesel oxidative stability (Sarin et al., 2010). The hydrolytic and oxidative degradation are the main problem in the long-term storage of biodiesel (Bandioli et al., 1995). Therefore, the use of antioxidant additives is an alternative to increase biodiesel stability, which should reach 8 h by ANP regulation. Antioxidants can be classified according to their action mechanism: primary, secondary, synergists, oxygen removers, biological, chelating agents and mixed antioxidants (Galvan et al., 2014). They can also be categorized as natural or synthetic (Kumar, 2017). Primary antioxidants react interrupting the propagation of the auto-oxidation process chain reaction, through the donation of protons of the OH or NH active groups, preventing the formation or dissemination of free radicals. Substituted phenolic compounds, secondary aromatic amines and thiophenes are the most used primary antioxidants (Varatharajan and Pushparani, 2017). Secondary antioxidants act delaying the chain reaction initiation rate, through the medium hydroperoxide decomposition (Rashed et al., 2015).

The biodiesel industry uses synthetic antioxidant additives that act as primary antioxidants. Most synthetic antioxidants are phenolic or polyphenolic compounds which are different one from another regarding the substituent alkyl groups (Amarowicz et al., 2004). Some of the main antioxidants used in the biodiesel industry are di-*tert*-Butyl-hydroxytoluene (BHT), *tert*-Butyl-hydroxyanisole (BHA), *tert*-butyl-hydroquinone (TBHQ) and propyl gallate (*Pr-G*) (Galvan et al., 2014; Supriyono et al., 2015; Yang et al., 2017).

Although the synthetic antioxidants are the most used industrially, many vegetable species have been studied regarding their application as antioxidant additive in biodiesel, for example *Rosmarinus officinalis* (Medeiros et al., 2013), *Moringa oleifera* (Fernandes et al., 2015), *Curcuma longa* (Sousa et al., 2014) and *Origanum vulgare* (Spacino et al., 2016). The antioxidant property results from the fact that vegetable species presents secondary metabolites in their chemical composition, which act as antioxidants (Varatharajan and Pushparani, 2017).

Brazil has a great diversity of vegetable species with antioxidant activity potential, such as the *Luehea divaricata*, popularly known in Brazil as “açoita-cavalo”. This species belongs to the Tiliaceae family and is found in many Brazilian regions (Lorenzi et al., 2010). The *L. divaricata* bark extracts present several secondary metabolites such as flavones, flavonoids, glycosyl, steroids, catechin and epi-catechin, among others that act as antioxidants (Tanaka et al., 2005). Another species that also presents antioxidant secondary metabolites is the *Pterodon emarginatus* Vog. (Leguminosae/Papilionaceae), popularly known in Brazil as ‘sucupira branca’, it is widely used in domestic medicine as an anti-inflammatory (Carvalho et al., 1999). The fruit and seeds of this species present terpenoids (Coelho et al., 2005) and phenolic compounds such as flavonoids and isoflavones (Dutra, Leite and Barbosa, 2008; Dutra et al., 2009) in their composition, containing molecules with antioxidant properties. Although those species are reported in the literature their phenolic composition and antioxidant properties, studies there about antioxidant activity in biodiesel are not reported. This work evaluated the effects of the antioxidant *L. divaricata* and *P. emarginatus* extracts as additives in soybean biodiesel.

2 | EXPERIMENTAL PROCEDURES

2.1 Production of Biodiesel

Fresh biodiesel was obtained by transesterification of soybean oil with methanol and sodium methoxy (both reagents were analytic grade without previous purification) added as a catalyst, following the 2:1 molar ratio (oil/alcohol) in the presence of 1% (w/w) catalyst. The reaction medium was stirred at 65 °C for 1 h and the biodiesel was separated from the mixture. The biodiesel was purified by washing with water to remove residual catalyst and dried with anhydrous sodium sulfate (Adapted from Ferrari, Oliveira and Scabio, 2005).

2.2 Biodiesel Analysis

2.2.1 Biodiesel conversion rate

Nuclear magnetic resonance spectra ($^1\text{H-NMR}$) were used to analyze the triglyceride conversion into biodiesel. The results were obtained in a 400 MHz Bruker model Ascend device. The biodiesel sample was solubilized in deuterated chloroform. The results were analyzed using the software TopSpin3.5pl7 / Bruker. The integration of signals of the methyl ester hydrogens (I_{Me}) at $\delta 3.6$ ppm and the hydrogen signal of the methylene group adjacent to the carbonyl group ($I_{\text{CH}_2\alpha}$) in $\delta 2.3$ ppm of $^1\text{H-NMR}$ were used to find the conversion of Equation 1 (Ruschel et al., 2016).

$$(2I_{\text{Me}}/3I_{\text{CH}_2\alpha}) \times 100 \quad \text{eq. 1}$$

2.2.2 Specific mass

The specific mass was determined by pycnometry by using a 25 mL calibrated pycnometer. The analyses were carried out in triplicate at 20 °C (Santo Filho, 2010).

2.2.3 Kinematic viscosity

The kinematic viscosity was determined following the norm ASTM D 445 at 40 °C with a Cannon Fenske viscosimeter.

2.2.4 Flash point

The biodiesel flashpoint was determined using the Pensky – Martens closed cup flashpoint equipment, following the method *Tiegel Apparat Geschlossenem*, according to the norms NRB 7974 and ASTM D 56. The sample, 50 mL \pm 0,5 mL, was placed in the test tank and the lid was closed.

2.2.5 Acidity index determination

The acidity index was obtained by volumetric titration, adapted from the standard EN 14104 and according to Sousa et al. (2014). In triplicate, 2 \pm 0.002 g biodiesel were weighed in Erlenmeyer flasks, and solubilized in 25 mL of ether-alcohol solution in a 2:1 ratio and five phenolphthalein indicator drops. It was titrated with KOH solution (0.1 mol L⁻¹) until pH 7.

2.2.6 Fatty acid profile determination

The fatty acid profile was determined through gas chromatography according to the methodology of Official Method of Analysis, Ce1-62 and Ce 2-26 (AOCS, 1998). A Perkin-Elmer chromatograph model CLARUS 580 was used, with an Elite-Wax capillary column

(60 m, 0.25 mm, 0,5 mm). The conditions set were: 10 μL as injection volume, heating ramp with an initial temperature of 190 $^{\circ}\text{C}$, and of 10 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ to 230 $^{\circ}\text{C}$ rate, which were kept for 20 minutes. The biodiesel sample was solubilized in hexane HPLC grade at the time of the analysis.

2.3 Obtaining the antioxidants extracts

2.3.1 *Luehea divaricata* Extract

The methanolic extract from *L. divaricata* barks was prepared by continuous solid-liquid extraction in the Soxhlet equipment, using ethanol as a solvent for 10 h. The extract was filtered and the solvent removed in a rotary evaporator, obtaining the dry extract. The yield of extract obtained from *the L. divaricata* barks was 11.30 % (w/w). The antioxidant additive was prepared through the dry extract solubilisation in methanol, and was added to the biodiesel in the following concentrations 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm and 1000 ppm.

Pterodon emarginatus Extract

The methanolic extract from *P. emarginatus* seeds was prepared by solid-liquid continuous extraction in the Soxhlet equipment, with methanol as a solvent for 12 h. The extract was filtered and the solvent removed in a rotary evaporator, obtaining the dry extract. The yield of extract obtained from the *P. Emarginatus* seeds was 12.80% (w/w). The antioxidant additive was prepared through the dry material solubilisation in methanol, and was added to the biodiesel in the following concentrations 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm and 1500 ppm.

2.4 Oxidative stability determination

Oxidative stability measurements were carried out using the Rancimat equipment model 893 (Metrohm, Herisau, Switzerland) as in EN 14112. The tests consisted in passing a 10 L h^{-1} air flow through 3.0 g sample with and without antioxidant additive in the soybean biodiesel. The accelerated oxidation test was performed using the Rancimat Method. The induction period was obtained in accordance with the EN 14112 method and according to the resolution N $^{\circ}$ 14/2012 by the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP). All samples were tested in triplicate.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Conversion rate

Aiming at determining the conversion rate in methyl esters, the ^1H RMN characterization was carried out.

The fatty acid methyl esters conversion rate was obtained according to the method proposed by Ruschel et al. (2016). The relation of integrals of methoxyl hydrogen signal

in d3,6 ppm (1.4552 integral) and the hydrogen signal in the methylene group adjacent to the carbonyl group in d 2,3 ppm (1.0012 integral) were used. The calculation resulted in 96.9% conversion rate. These esters comprise 96.9% of the present substances in the B100 biodiesel used, and they are also in agreement with the current Brazilian legislation (ANP), which establishes a minimum limit of 96.5 %.

3.2 Soybean biodiesel characterization

The soybean biodiesel produced was characterized regarding its specific mass, kinematic viscosity, flash point and acidity index as shown in Table 1.

Parameters	Value	Limit	Norm
Kinematic viscosity at 40 °C (mm ² s ⁻¹)	4.18 ± 0,03	3.0 a 6.0	EN ISO 3104
Specific mass at 20°C (kg m ⁻³)	876.00 ± 0.02	850 a 900	EN ISO 3675
Flash point (°C)	Over 100.0	Min. 100.0	EN ISO 3679
Acidity value (mg KOH g ⁻¹)	0.46 ± 0.02	0.5	EN 14104 (5)

Table 1. Physical-chemical properties of biodiesel produced from soybean. All data reported represent the arithmetic means of triplicate assays.

Physicochemical parameters, specific mass, kinematic viscosity, flash point and acidity index are within the limits set by the EN norms, as shown in Table 1. The values found are also in accordance with the literature (Zuniga et al., 2011; Sousa et al., 2014). Sousa et al. (2014) when studying soybean methyl biodiesel obtained a 884.5 kg m⁻¹ specific mass value, 4.12 mm s⁻¹ kinematic viscosity and 176.5 °C flash point and these values are close to those found by Zuniga et al. (2011).

3.3 Fatty acid profile

The biodiesel oxidation process is mainly influenced by the fatty acid composition of the vegetable oil used as raw material. The higher percentage of unsaturated fatty acids present is, the higher the susceptibility to degradation of the oil is, and consequently, the biodiesel degradation. Oxidation usually occurs via auto-oxidation or polymerization, depending on conditions such as suitable moisture, light and/or heat (Ferrari, Oliveira and Scabio, 2005). In addition, other characteristics are affected such as the kinematic viscosity and iodine index among others. These properties are directly related to the biofuel performance in the engine (Lobo et al., 2009).

The determination of fatty acid profile was carried out by the composition of fatty acid esters in the soybean biodiesel. Table 2 presents the soybean biodiesel composition, the data obtained is in line with the existing literature (Souza et al., 2014; Farias et al., 2016).

Fatty acid	Soybean ^a (%)	Soybean ^b (%)	Soybean ^c (%)
Palmitic (16:0)	10.77	11.60	6.95
Stearic (18:0)	4.20	3.20	4.23
Oleic (18:1)	26.57	22.80	36.02
Linoleic (18:2)	51.16	55.63	42.62
Linolenic (18:3)	6.48	6.66	6.45

^a Experimental results. All data reported here are arithmetic means of triplicate assays.

^b Souza et al., 2014

^c Farias et al., 2016

Table 2. Fatty acids composition of *soybean* biodiesel.

3.4 Oxidative stability determination

As observed in Table 2, the soybean oil composition presented 84.21% unsaturated fatty acids and this influences directly the biodiesel oxidative stability. The higher the unsaturation number present in the methyl ester composition, is the higher the biodiesel oxidation is. Thus, to overcome this problem, it is necessary to work with raw material blends and/or additives such as antioxidants to increase the biodiesel induction period. The longer the biodiesel induction period is, greater the oxidative stability is (Zhou et al., 2017).

In this study, two vegetable extract antioxidant additives were used, the *P. emarginatus* seed methanolic extract and the *L. divaricata* bark ethanolic extract. Both extracts presented secondary metabolites with antioxidant properties. The extract concentrations employed in this study were 125 ppm – 1000 ppm to *L. divaricata* and 125 ppm - 1200 ppm to *P. Emarginatus*. These range values were used because in concentrations above them the formation of solids after oxidation test. Table 3 shows the results of accelerated oxidation tests of B100 and B100 biodiesel with different concentrations of additives. The B100 induction period value found was $4.79 \text{ h} \pm 0.84$, this value is below the limit set by the European norm (EN 14112). To overcome problems resulting from the low oxidative stability and reach the minimum induction period required for commercialization, the industry of vegetable oil and biodiesel employ antioxidant additives. The results shown in Table 3 confirm the antioxidant action of the *L. divaricata* and *P. emarginatus* extract in the biodiesel, since the induction period was over 8 hours, in the concentrations 125 ppm and 1000 ppm, respectively.

Concentration of additives (ppm)	Induction Period (h)	
	<i>P. emarginatus</i> ^a	<i>L. divaricata</i> ^a
0	4.79 ± 0.84	4.79 ± 0.84
125	5.30 ± 0.55	8.08 ± 0.63
250	5.91 ± 0.38	8.94 ± 0.31
500	6.99 ± 0.89	8.99 ± 0.16
1000	7.85 ± 0.34	10.01 ± 0.30
1200	8.84 ± 0.05	----
1500	9.54 ± 0.92	----

^a Experimental results. All data reported here are arithmetic means of triplicate assays. The data are expressed as the mean ± SD.

Table 3. Oxidative Stability of soybean biodiesel with and without additives. All data reported here are arithmetic means of triplicate assays.

These results are plotted in Figure 1. There are differences in the antioxidant capacity between these two vegetable species extracts. It is possible to verify that *L. divaricata* extract has an effective antioxidant response at 125 ppm, reaching the minimum oxidation time required by ANP with concentrations 8x smaller than *P. emarginatus*. However, the response of the induction period by the *L. divaricata* extract did not increase proportionally with concentration as the *P. emarginatus* extract, as shown in Figure 1.

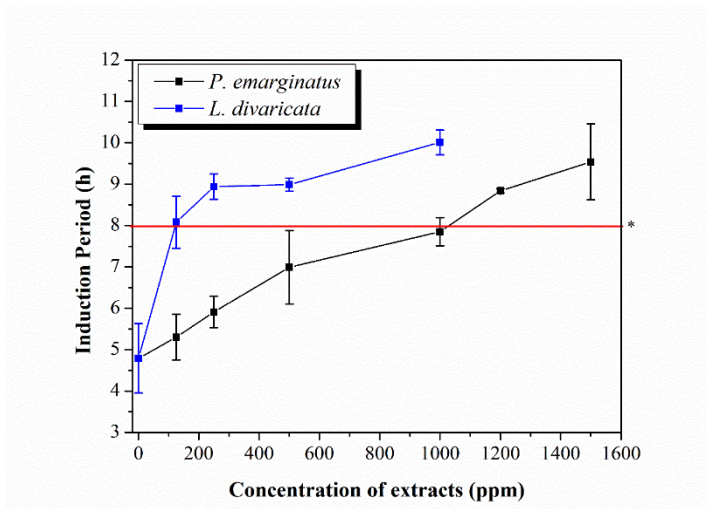


Figure 1. Effect of extract concentration in induction period of soybean biodiesel.

This is probably due to the difference in her composition of the secondary metabolites, that is not foccus of this research. These additives probably promote the removal or inactivation of the free radicals formed during the reaction initiation or propagation, interrupting the oxidation (Yaakob et al., 2014).

4 | CONCLUSIONS

P. emarginatus and *L. divaricata* alcoholic extracts were efficient as antioxidant additives in soybean methyl biodiesel, retarding the oxidative process. This could be confirmed by the Rancimat test. These results indicate that these extracts are efficient natural antioxidants for biodiesel and vegetable oils. The use of vegetable extracts as antioxidant additives presents advantages when compared to synthetic antioxidants for being environmentally friendly, nontoxic, biodegradable, sustainable and renewable. Regarding the use of natural origin antioxidants, both extracts showed powerful antioxidant properties when applied in soybean biodiesel. The *L. divaricata* and *P. emarginatus* extracts reached the minimum time of 8 hours at concentrations of 125 ppm and 1200 ppm respectively.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the, CAPES, CNPq and Fundação Araucária for funding the research and C-LABMU for the analysis.

REFERENCES

Amarowicz, R., Pegg, R. B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., Weil, J. A. (2004) Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, **84**:551–562. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00278-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00278-4).

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2020. <http://www.anp.gov.br>.

Bandioli, P., Gasparoli, A., Lanzani, A., Fedeli, E., Veronese, S., Sala, M. (1995) Storage Stability of Biodiesel. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **72**:669-702. <https://doi.org/10.1007/BF02635658>.

Bastos, F. A., Tubino, M. (2017) The use of the liquid from cashew nut shells as an antioxidant in biodiesel. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **28**:747-755. <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20160223>.

Berchmans, H. J., Hirata, S. (2008) Biodiesel production from crude *Jatropha curcas*L. seed oil with a high content to free fatty acids. *Bioresource Technology*, **99**:1716-1721. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.051>.

Carvalho, J. C. T., Sertié, J. A. A., Barbosa, M. V. J., Patrício, K. C. M., Caputo, L. R. G., Sarti, S. J., Ferreira, L. P., Bastos, J. K. (1999) Anti-inflammatory activity of the crude extract from the fruits of *Pterodon emarginatus* Vog. *Journal of Ethnopharmacology*, **64**:127-133. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00116-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00116-0).

Cremones, P. A., Feroldi, M., De Jesus O. C., Teleken, J. G, Meier, T. W., Dieter, J., Sampaio, S. C; Borsato, D. (2016) Oxidative stability of biodiesel blends derived from different fatty materials. *Industrial Crops and Products*, **89**:135-140. <https://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.004>.

Dutra, R. C., Fava, M. B., Alves, C. C., Ferreira, A. P., Barbosa, N. R. (2009) Antiulcerogenic *Pterodon emarginatus* and anti-inflammatory activities of the essential oil from seeds%20Rafael%20C.&ft.aucorp=&ft.date=2009-02&ft.volume=61&ft.issue=2&ft.part=&ft.quarter=&ft.ssn=&ft.spage=243&ft.epage=250&ft.pages=243-250&ft.artnum=&ft.issn=0022-3573&ft.eissn=2042-7158&ft.isbn=&ft.sici=&ft.coden=&ft_id=info:doi/10.1211/jpp.61.02.0015&ft.object_id=&svc_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:sch_svc&ft.eisbn=&ft_dat=%3Cwj%3E10.1211/jpp.61.02.0015%3C/wj%3E%3Cgrp_id%3E5693039014710983498%3C/grp_id%3E%3Ccoa%3E%3C/oa%3E%3Curl%3E%3C/url%3E&ft_id=info:oai/&svc.fulltext=yes&req.language=por&ft_pqid=20114694&ft_id=info:pmid/" \t "_blank" . *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **61**:243-250. <https://dx.doi.org/10.1211/jpp/61.02.0015>.

Dutra, R. C., Leite, M. N., Barbosa, N. D. (2008) Quantification of Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of *Pterodon emarginatus* Vogel Seeds. *International Journal of Molecular Sciences*, **9**:606-614. <https://dx.doi.org/10.3390/ijms9040606>.

Farias, A. F. F., Conceição, M. M., Cavalcanti, E. H. (2016) Analysis of soybean biodiesel additive with different formulations of oils and fats. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **123**:2121-2127. <https://dx.doi.org/10.1007/s10973-015-4772-0>.

Galvan, D, Orives, J. R, Corpo, R. L., Rodrigues, C. H. F., Spacino, K. R., Pinto, J. P., Borsato, D. (2014) Estudo da cinética de oxidação de biodiesel B100 obtido de óleo de soja e gordura de porco: determinação da energia de ativação. *Química Nova*, **37**:244–248. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140042>.

Favareto, R., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L., Belisário, C. M., Corazza, M. L., Cardozo-Filho, L. (2017) The Study of the supercritical extraction of *Pterodon* fruits (Fabaceae). *Journal of Supercritical Fluids*, **128**:159-165. <https://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2017.05.028>.

Fernandes, D. M., Sousa, R. M. F., De Oliveira, A., Morais, S. A. L, Richter, E. M., Muñoz, R. A. A. (2015) Moringa oleifera: A potential source for production of biodiesel and antioxidant additives. *Fuel*, **146**:75-80. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.12.081>.

Gaurav, K., Srivastava, R., Singh, R. (2013) Exploring biodiesel: Chemistry, Biochemistry, and Microalga Source. *International Journal of Green Energy*, **13**:775-796. <https://doi.org/10.1080/15435075.2012.726673>.

Kumar, N. (2017) Oxidative stability of biodiesel: Causes, effects and prevention. *Fuel*, **190**:328-350. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.001>.

Lobo, I. P., Ferreira, S. L. C., Serpa da Cruz, R. (2009) Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Química Nova*, **32**:1596-1608. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000600044>.

Lorenzi, H., Kahn, F., Noblick, L. R., Ferreira, E., (2010) Flora Brasileira Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. ISBN: 85-86714-36-8.

Medeiros, M. L., Cordeiro, A. M. M. T., Queiroz, N., Soledade, L. E. B., Souza, A. L.; Souza, A. G. (2013) Efficient Antioxidant Formulations for Use in Biodiesel. *Energy Fuels*, **28**:1074-1080. <https://dx.doi.org/10.1021/ef402009e>.

Meira, M., Quintella, C. M., Ribeiro, E. M. O., Silva, H. R. G., Guimarães, A. K. (2015) Overview of the challenges in the production of biodiesel. *Biomass Conversion and Biorefinery*, **5**:321-329. <https://dx.doi.org/10.1007/s13399-014-0146-2>.

Pontes, C. L., Alves, R. P., Lima, C., Machado, G. C. R., Silva, L. C., Costa, C. S. K., Todeschini, A. R., Pinto, C. G. M. (2005) Antinociceptive properties of ethanolic extract and fractions of *Pterodon pubescens* Benth. Seeds. *Journal of Ethnopharmacology*, **98**:109-116. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.01.014>.

Ruschel, C. F. C., Ferrão, M. F., Dos Santos, F. P., Samios, D. (2016) Otimização do processo de transesterificação em duas etapas para produção de biodiesel através do planejamento experimental Doehrlert. *Química Nova*, **39**:267-272. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160018>.

Santos, N. A., Damasceno, S. S., De Araújo, P. H. M., Marques, V. C., Rosenhaim, R., Fernandes, V. J., Queiroz, N., Santos, I. M. G., Maia, A. S, Souza, A. G. (2011) Caffeic acid: An efficient antioxidant for soybean biodiesel contaminated with metals. *Energy Fuels*, **25**:4190-4194. <https://dx.doi.org/10.1021/ef200869v>.

Spacino, K. R., Da Silva, E. T., Angilellil, K. G., Moreira, I., Galão, O. F., Borsato, D. (2016) Relative protection factor optimisation of natural antioxidants in biodiesel B100. *Industrial Crops and Products*, **80**:109-114. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.034>.

Sarin, A., Arora, R., Singh, N. P., Sarin, R., Sharma, M., Malhotra, R. K. (2010) Effect of Metal Contaminants and Antioxidants on the Oxidation Stability of the Methyl Ester of Pongamia. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **87**:567-572. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1530-0>.

Sarin, R., Sharma, M., Sinharay, S., Malhotra, R. K. (2007) Jatropha-palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia. *Fuel*, **86**:1365-1371. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.11.040>.

Sousa, L. S., De Moura, C. V. R., De Oliveira, J. E., De Moura, E. M. (2014) Use of natural antioxidants in soybean biodiesel. *Fuel*, **134**:420-428. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.06.007>.

Supriyono, Sulisty, H., Almeida, M. F., Dias, J. M. (2015) Influence of synthetic antioxidants on the oxidation stability of biodiesel produced from acid raw Jatropha curcas oil. *Fuel Processing Technology*, **132**:133-138. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.12.003>.

Tanaka, A. J. C., Da Silva, C. C., Dias Filho, P. B., Nakamura, C. V., Carvalho, J. E., Foglio, M.A. (2005) Constituintes químicos de *Luehea divaricata* MART. (TILIACEAE). *Química Nova*, **28**:834-837. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000500020>.

Varatharajan, K., Pushparani, D. S. (2017) Screening of antioxidant additives for biodiesel fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **82**:2017-2028. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.020>.

Yang, J., He, Q. S., Corscadden, K., Caldwell, C. (2017) Improvement on oxidation and storage stability of biodiesel derived from an emerging feedstock camelina. *Fuel Processing Technology*, **157**:90-98. <https://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.12.005>.

Yaakob, Z., Narayanan, B.N., Padikkaparambil, S., Unni S. K., Akbar, M. P. (2014) A review on the oxidation stability of biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **35**:136-153. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.055>.

Zhou, J., Xiong, Y., Liu, X. (2017) Evaluation of the oxidation stability of biodiesel stabilized with antioxidants using the Rancimat and PDSC methods. *Fuel*, **188**:61-68.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem Gamma-Gamma 162, 163, 166
Ácido Salicílico 173, 174, 175, 177, 179, 181, 183
Alquilação 173, 174, 177, 181
Artemia salina 173, 174, 176, 178, 182
Astrofísica 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

C

Capsicum spp 68, 69, 96, 97, 98
Caracterização Físico-Química 212, 227
Componentes Eletrônicos 22, 27, 28, 29, 34
Contaminação 49, 53, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 115, 143, 213, 217

D

Dependência Espacial 99, 103, 106
Drenagem Urbana 150, 161
Dynamic Probing Light 107, 108, 110

E

Efluente 49, 59, 66
Eletrodo de Grafite 125, 128, 129, 130, 131
Eletrólise 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 133
Energia Solar 196, 198, 199, 201, 207, 209, 276
Ensino de Matemática 235, 286
Equilíbrio Líquido-Líquido 162, 164, 165

F

Físico-Química 125, 127, 133, 211, 212, 213, 227
Fitólitos 134, 135, 136, 137, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148
Funções Vetoriais 235, 236, 247, 249

G

Geogebra 235, 236, 237, 241, 242, 243, 244, 247, 248, 249
Geografia 45, 134, 147, 184, 185, 186, 187, 192, 194
Geoprocessamento 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 199

GNV 15, 16, 18, 20, 21

Grupos Ecológicos 115, 116, 117, 121

I

Impermeabilização 150, 153, 158, 159

Inclusão 20, 36, 40, 80, 250, 262

Induction Time 264

Investigação do Subsolo 107, 108, 111

K

Krigagem 99, 100, 101, 104, 105

L

Laser Superficial Refusão 1

Libras 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262

Luehea Divaricata 263, 264, 265, 267, 273

M

Metais Pesados 49, 52, 67, 70, 71, 72, 81, 87, 127

Metrologia 15, 16, 17

Microdureza 1

Microestrutura 1

N

Natural Antioxidants 264, 271, 273

P

Produção Sustentável 68

Pterodon Emarginatus 263, 264, 265, 267, 272

Q

Qualidade Microbiológica 211, 212, 213, 214, 224, 225, 226, 227

Queijo Artesanal 212

Química 21, 42, 48, 51, 66, 67, 70, 76, 88, 125, 126, 127, 128, 130, 132, 133, 162, 172, 173, 174, 182, 211, 212, 213, 227, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 272, 273, 275, 283, 284

Química Sintética 173, 174

R

Radiografia de Alta Resolução 22, 28

Rayos-X 34

S

Segurança Alimentar 68, 80, 82, 95, 212, 213

Semivariograma 99, 103, 104, 105

Sensoriamento Remoto 187, 195, 196, 197, 198

Sequência de Fibonacci 228, 229, 230, 231, 233, 234

Sinalário 250, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 260

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 196, 197

SRTM 196, 197, 202, 203

Standard Penetration Test 107, 108, 109

T

Tabela Periódica 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Tablillas Electrónicas 22

Técnicas de Extração 134

Tomografia Computarizada 22, 25, 26, 27, 31, 34

U

Uniquac 162, 163, 166, 169, 170, 171

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 