



# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro  
(Organizadores)



# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro  
(Organizadores)

**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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Alfnas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 4 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-889-2

DOI 10.22533/at.ed.892211003

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://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

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO SIMPLES**

Vinícius Borges de Moura Aquino

Marco Donisete de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.8922110031**

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE FLEXÃO DE VIGAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO ARMADO**

Afonso Henrique de Campos Rodrigues

Marco Donisete de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.8922110032**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **THE USE OF BABASSU COCONUT FIBERS IN THE PRODUCTION OF CONCRETE**

Wilson Alves Oliveira Junior

Maria Elayne Rodrigues Alves

Bruna Leal Melo de Oliveira

João Batista de Oliveira Libório Dourado

Aluska do Nascimento Simões Braga

Valdeci Bosco dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8922110033**

### **CAPÍTULO 4..... 40**

#### **RECICLAGEM DO POLIPROPILENO PARA OBTENÇÃO DO COMPÓSITO POLIMÉRICO REFORÇADO COM PÓ DE OSTRA**

Terezinha Jocelen Masson

Rafael dos Santos Lima

**DOI 10.22533/at.ed.8922110034**

### **CAPÍTULO 5..... 58**

#### **DESMITIFICANDO A RADIOATIVIDADE**

Leandro Soares da Silva

Déborah Vitória de Souza Silva

Eduardo Mendonça Pereira Cavalcanti

Kauã Felipe Santiago

José Allan da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8922110035**

### **CAPÍTULO 6..... 66**

#### **PROPOSTA DE SILO GRANELEIRO TEMPORÁRIO PARA FAZENDAS DA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL**

José Roberto Rasi

Jorge Augusto Serafim

Jonathan Figueiredo Broetto

**DOI 10.22533/at.ed.8922110036**

**CAPÍTULO 7.....84**

**USO DE METANOL E ETANOL NO DIAGNÓSTICO DE FALHAS TÉRMICAS ENVOLVENDO PAPEL KRAFT ISOLANTE**

Helena Maria Wilhelm  
Paulo Oliveira Fernandes  
Geovana Carolina dos Santos  
Maria Letícia Gomes dos Santos  
Thatiane Tamyris Kuczera Pereira  
Laís Pastre Dill  
Daniel da Conceição Aroucha Filho  
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro  
Arley de Paula Mar  
Pedro José dos Santos Junior

**DOI 10.22533/at.ed.8922110037**

**CAPÍTULO 8.....97**

**SÍNTESE E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM COMPÓSITO CERÂMICO ZIRCÔNIA E ALUMINA PARA APLICAÇÃO EM PRÓTESE CRANIOMAXILOFACIAL**

José Victor Passos Santiago  
Viviane Silva Gomide

**DOI 10.22533/at.ed.8922110038**

**CAPÍTULO 9.....108**

**SUITABILITY OF INTERNAL TANK COATINGS FOR AROMATIC HYDROCARBONS STORAGE**

Ulysses Ramos  
Aldo Ramos Santos  
Joaquim Pereira Quintela  
Carlos Rene Klotz Rabello  
Cleber Gonçalves Ferreira  
Emmanuelle Sá Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.8922110039**

**CAPÍTULO 10.....120**

**DISEÑO DE UN FALDÓN ESTRUCTURAL CIRCULAR DE APOYO PARA UN SILO METÁLICO CON CAPACIDAD DE ALMACENAR 300 M<sup>3</sup> DE CLINKER**

Luis Orlando Cotaquispe Zevallos

**DOI 10.22533/at.ed.89221100310**

**CAPÍTULO 11.....136**

**DETERMINAÇÃO DE DESCARGAS DE LODO DE REATORES UASB COM PÓS-TRATAMENTO AERADO ATRAVÉS DA ANÁLISE DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DO EFLUENTE**

Jane Mary Targino Moreira  
Ruam Magalhães da Silva  
Renata Carlos Freire

**DOI 10.22533/at.ed.89221100311**

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>147</b>
<b>AVALIAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL ISOLANTE OBTIDO DE UMA NOVA FONTE DE MATÉRIA-PRIMA: AS MICROALGAS</b>	
Helena Maria Wilhelm Giorgi Dal Pont Claudio Aparecido Galdeano Eduardo João de Palma Luiz A. Ravaglia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100312</b>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>158</b>
<b>ANÁLISE ESTRUTURAL DO COMPORTAMENTO SÍSMICO DE BARRAGENS DE REJEITO</b>	
Antonio Nilson Zamunér Filho Gabriel Gomes Silva Wellington Andrade da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100313</b>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>171</b>
<b>ANÁLISE DE TENSÃO E COMPARAÇÃO DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO EM ROD END</b>	
Jói da Silva Theis Luiz Carlos Gertz André Cervieri Antonio Flavio Aires Rodrigues Gustavo Pizarro Meneghello	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100314</b>	
<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>179</b>
<b>INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO TÉRMICO NO DESEMPENHO FOTOCATALÍTICO DE FIBRAS DE TiO<sub>2</sub></b>	
Luana Góes Soares da Silva Annelise Kopp Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100315</b>	
<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>189</b>
<b>EFEITOS DA PIRÓLISE SUAVE EM PELLETS DE <i>Pinus</i></b>	
Nathalia Heloisa Dullius Anderson Rodrigo Heydt Adriana Ferla de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.89221100316</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>197</b>
<b>ESTUDO DE SISTEMAS ISOLANTES DE REFERÊNCIA USADOS NA DETERMINAÇÃO DA CLASSE TÉRMICA DE NOVOS SISTEMAS ISOLANTES SEGUNDO A NORMA IEEE C57.100</b>	
Helena Maria Wilhelm Paulo Oliveira Fernandes	

Leandro Gonçalves Feitosa  
Geovana Carolina dos Santos  
Laís Pastre Dill  
Leonardo Galhardo  
Richard Marek

**DOI 10.22533/at.ed.89221100317**

**CAPÍTULO 18.....209**

**DESENVOLVIMENTO DE MADEIRA PLÁSTICA: COMPÓSITOS HÍBRIDOS  
POLIPROPILENO/PÓ DE MADEIRA/FIBRA NATURAL**

Terezinha Jocelen Masson  
Leila Figueiredo de Miranda  
Antonio Hotêncio Munhoz Junior

**DOI 10.22533/at.ed.89221100318**

**CAPÍTULO 19.....220**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DE LIGNINA OBTIDO A  
PARTIR DA HIDRÓLISE ALCALINA DA CASCA DE CAFÉ**

Beatriz Leite  
Daniel Vieira Mendes  
Matheus de Souza Santos  
Thiago Wilker Souza do Carmo  
Renata Carolina Zanetti Lofrano  
Boutros Sarrouh

**DOI 10.22533/at.ed.89221100319**

**CAPÍTULO 20.....233**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM PROFESSORES E  
ALUNOS, NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO BREU BRANCO-PA**

Beatriz Souza da Silveira  
Enayle Maria de Freitas Silva  
Marcelo Melo dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.89221100320**

**CAPÍTULO 21.....245**

**O BISCOITO ARTESANAL DE VITÓRIA DA CONQUISTA E O SEU POTENCIAL PARA  
REGISTRO COMO UMA INDICAÇÃO GEOGRÁFICA**

Valdir Silva da Conceição  
Dayana Ferraz Silva  
Angela Machado Rocha  
Marcelo Santana Silva

**DOI 10.22533/at.ed.89221100321**

**CAPÍTULO 22.....259**

**EXTENSÃO INTERDISCIPLINAR NAS PRÁTICAS DE CUIDADOS – CENOPOESIA E  
AQUARELA NA SAÚDE MENTAL**

Midiã Kaddja Nunes de Souza

Maria Aridenise Macena Fontenelle

DOI 10.22533/at.ed.89221100322

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>273</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>274</b>



## AVALIAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL ISOLANTE OBTIDO DE UMA NOVA FONTE DE MATÉRIA-PRIMA: AS MICROALGAS

*Data de aceite: 01/03/2021*

### **Helena Maria Wilhelm**

Vegoor Tecnologia Aplicada  
Colombo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5390521534895856>

### **Giorgi Dal Pont**

Vegoor Tecnologia Aplicada  
Colombo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3283158968198702>

### **Claudio Aparecido Galdeano**

MGM Diagnósticos e Consultoria  
Campinas – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/6847066321733626>

### **Eduardo João de Palma**

Solazyme  
São Paulo – São Paulo

### **Luiz A. Ravaglia**

Solazyme  
São Paulo – São Paulo

**RESUMO:** O setor elétrico tem buscado alternativas aos óleos minerais isolantes por meio de produtos biodegradáveis e de estabilidade a oxidação adequada. Possíveis fontes de óleos isolantes com tais características são as microalgas, que são organismos que podem ser produzidos em determinadas condições que permitem o desenvolvimento de perfis de ácidos graxos com elevada estabilidade a oxidação. Além de serem biodegradáveis e de sua produção não competir com terras aráveis nem com a produção de alimentos. O objetivo

do presente trabalho foi avaliar a potencialidade de aplicação de um óleo extraído de uma nova fonte, as microalgas, aqui denominado de OV-M, como fluido isolante. Amostras desse óleo foram analisadas de acordo com os ensaios descritos na norma ABNT NBR 14522. Também foram realizados ensaios para avaliar a estabilidade a oxidação desse óleo comparativamente à estabilidade de óleos vegetais isolantes extraídos de plantas oleaginosas, bem como ensaios de toxicidade oral. Os resultados das análises realizadas indicam que o óleo de microalgas é um potencial candidato para aplicação como fluido isolante em transformadores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Óleo isolante, microalgas, estabilidade a oxidação, éster natural isolante, novos fluidos isolantes.

### EVALUATION OF INSULATING VEGETABLE OIL OBTAINED FROM A NEW RAW MATERIAL: MICROALGAE

**ABSTRACT:** Electrical sector have searched for alternative to insulating mineral oils through products that are biodegradable and that have adequate oxidation stability. Possible sources of insulating oils with such characteristics are microalgae, which are organisms that can be produced in certain conditions that lead to development of fatty acid profiles with high oxidation stability. Besides that, microalgae are biodegradable and their production does not compete with agricultural lands neither with food production. This study aimed to evaluate potential of the use of na oil extracted from a new source, microalgae, here denoted as OV-M, as insulating

fluid. Samples of the aforementioned oil were analyzed according to the assays described in ABNT NBR 14522 standard. Also, assays were performed in order to measure the oxidation stability of this oil in comparison to that of insulating vegetable oils extracted from oil plants, as well as assays of oral toxicity. The results of the analyzes performed pointed that microalgae oil is a potential candidate to be used as insulating fluid in transformers.

**KEYWORDS:** Insulating oil, microalgae, oxidation stability, insulating natural ester, new insulating fluids.

## 1 | INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o meio ambiente tem estimulado o setor elétrico a buscar alternativas aos óleos isolantes derivados de petróleo. O óleo vegetal é uma dessas alternativas utilizadas em equipamentos elétricos, principalmente, por ser um fluido derivado de fontes renováveis, extraído de sementes oleaginosas, como soja, milho, girassol e outras, além de ser facilmente biodegradável e ser um fluido de segurança (ponto de combustão superior a 300 °C) (Wilhelm et al., 2009; Wilhelm et al., 2011). Dependendo do tipo de óleo base utilizado na formulação e do pacote de aditivos antioxidantes adicionados, o óleo vegetal isolante (OVI) pode apresentar maior ou menor resistência a oxidação (Wilhelm et al., 2012; Wilhelm et al., 2013).

O setor elétrico procura um produto facilmente biodegradável e com maior estabilidade a oxidação possível. Estas propriedades não são atingidas na totalidade pelos óleos vegetais atualmente disponíveis, devido a sua composição graxa, dificultando assim o uso deste tipo de fluido em transformadores. Portanto, encontrar novas fontes de matérias primas para a produção de óleos isolantes que confirmam maior estabilidade a oxidação e, ao mesmo tempo, sejam facilmente biodegradáveis auxiliará na ampliação dos nichos de aplicação dessa alternativa ambientalmente e socialmente viável requerida pelo setor elétrico (Wilhelm et al., 2012; Wilhelm et al., 2013).

A produção de óleo a partir de microalgas é uma alternativa às fontes atualmente disponíveis (oleaginosas) para produção de óleo vegetal isolante. As microalgas são organismos unicelulares que produzem naturalmente triglicerídeos a partir da fermentação ou mesmo da ingestão de açúcar. Tais organismos são base da cadeia alimentar de peixes e, desta forma, estão presentes no nosso cotidiano há muito tempo (Shahi et al., 2020).

As microalgas vêm se caracterizando como uma alternativa viável para diferentes setores, tendo em vista duas de suas principais funções, a saber, a possibilidade de desenvolvimento de perfis únicos da cadeia de ácidos graxos (tecnologia da Solazyme Inc), e sua produção não competir com terras aráveis, por utilizar açúcar como fonte de matéria-prima. Dentro do perfil único de ácidos graxos, podem ser desenvolvidas versões de óleos de cadeias longas monoinsaturadas (C18:1) em proporções próximas a 90% e com praticamente ausências de poli-insaturações. Com isto, podem-se obter óleos com características únicas, o que não é possível com as oleaginosas. Desta forma, o objetivo

dessa nova fonte de óleo não é a substituição dos óleos à base de oleaginosas, mas sim agregar novas funções/usos a esse tipo de óleo e, assim, incentivar sua produção em escala industrial. Além disso, do ponto de vista produtivo, as microalgas apresentam maior rendimento de óleo extraído por área cultivada, quando comparadas com plantas superiores (oleaginosas) (Lerayer, 2014; Shahi et al., 2020).

Inspirado nas vantagens supracitadas do uso de óleo de microalgas em relação ao óleo vegetal, o objetivo deste trabalho foi avaliar a potencialidade de aplicação de um óleo extraído desta nova fonte, as microalgas, aqui denominado de OV-M, como fluido isolante.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Aquisição e caracterização do óleo

Foram adquiridas amostras de OVI, provenientes de oleaginosas, comercialmente disponíveis no Brasil, como Envirotemp FR3 formulado a partir do óleo de soja + aditivos), Biovolt A (formulado a partir óleo de milho + aditivos), Biovolt B (formulado a partir do óleo de soja + aditivos) e Biovolt HW (formulado a partir de sementes de girassol com alto teor de ácido oleico + aditivos). As amostras do óleo vegetal de microalgas (OV-M) foram obtidas da Solazyme Inc. Os OVIs e o OV-M foram caracterizados de acordo com ensaios descritos na norma ABNT NBR 15422 (ABNT, 2006).

### 2.2 Ensaio de estabilidade à oxidação

Os OVIs e o OV-M foram analisados pelos métodos Rancimat (BS, 2003) e pela bomba rotatória (ASTM, 2007).

A medida do período de indução (PI) foi realizada pelo método do Rancimat, sendo o ensaio executado a 130 °C, utilizando-se 3 g de óleo (BS, 2203). O método Rancimat baseia-se no monitoramento da condutividade e neste ensaio a amostra de óleo é aquecida em um banho termostatizado com borbulhamento de oxigênio. À medida que a amostra é degradada são formados ácidos voláteis de baixa massa molar que são carregados para um frasco contendo água destilada e um eletrodo de condutividade. Assim, conforme os compostos ácidos voláteis são carregados para a água a condutividade da fase aquosa aumenta continuamente até que, em um determinado tempo (período de indução) ocorre um aumento brusco neste parâmetro. Este aumento brusco pode ser facilmente identificado no gráfico de condutividade *versus* tempo e corresponde ao tempo que a amostra resiste a degradação acelerada, nas condições experimentais utilizadas (Wilhelm et al, 2013). Na Figura 1 é apresentado o gráfico da condutividade *versus* o tempo de realização do ensaio, bem como a determinação do PI (15,50 h).

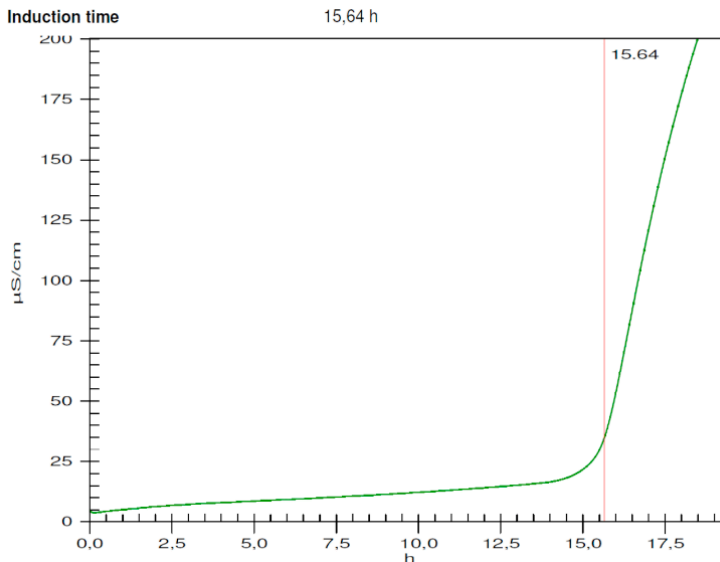


Figura 1 – Curva de condutividade obtida no método Rancimat para amostra de OVI tipo Biovolt A.

## 2.3 Toxicidade do óleo

A toxicidade do OV-M foi determinada em ratos, de acordo com a metodologia descrita pela OECD 408 (OECD, 1998). Para isso, 80 ratos [40 machos (194 a 215 g) e 40 fêmeas (149 a 179 g)] da linhagem Sprague-Dawley CD® IGS®, com 7 a 8 semanas de idade, foram igualmente distribuídos em quatro grupos (N=20; 10 machos e 10 fêmeas). Após a formação dos grupos, os ratos selecionados foram aclimatados às condições experimentais por um período de 6 dias. Ao final desse período, os animais foram pesados e avaliados quanto à condição geral de saúde. Os ratos dos quatro grupos foram alimentados, com ração basal (dieta padrão) contendo diferentes concentrações de OV-M [0 (controle), 2,5, 5 e 10%], por 90 dias. A ração basal foi oferecida para todos os tratamentos após a ingestão da ração contendo OV-M, a fim de garantir que os animais pudessem ser alimentados até completa saciedade, *ad libitum*. Durante todo o período experimental, água filtrada de qualidade foi disponibilizada *ad libitum*.

O monitoramento visual dos animais foi realizado duas vezes ao dia, durante todo o período experimental, para identificação de alteração das condições de saúde e verificação de óbito. Semanalmente, foram mensurados o consumo individual e o peso dos animais para o cálculo do ganho de peso e da eficiência alimentar. A partir desses dados foi calculado quantidade de OV-M consumida.

No octogésimo sétimo (87º) dia de exposição, os animais foram oftalmologicamente avaliados. Cerca de 15 h antes do final do período experimental, os animais foram submetidos à jejum (sólido e líquido). Ao final do período de jejum, os animais foram

anestesiados (com isoflurano) e amostras de sangue, urina e fezes foram coletadas. Após a coleta das amostras, os indivíduos foram eutanasiados por ensanguinação pela artéria aorta abdominal. Foi realizada amostragem de corpo total para posterior realização de pesagem, necropsia e histopatologia dos órgãos. Os parâmetros analisados, pelo Centro Haskell para Ciências da Saúde e Ambiental da DuPont, nas amostras de sangue, urina e tecidos estão descritos na Tabela 1.

Matriz	Parâmetros/Tecidos Analisados
Sangue	<p><b>Hematológicos:</b> Contagem de eritrócitos, concentração de hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, amplitude de distribuição do tamanho dos eritrócitos, contagem absoluta de reticulócitos, contagem de plaquetas, total de células brancas, contagem diferencial de leucócitos, tempo de atividade da protrombina e tempo de tromboplastina parcial ativada.</p> <p><b>Bioquímicos:</b> Aspartato aminotransferase, alanina-aminotransferase, aorbital desidrogenase, fosfatase alcalina, bilirrubina total, nitrogênio uréico, creatinina, colesterol total, triglicerídeos, glicemia, proteína total do soro, albumina, globulina, cálcio, fósforo inorgânico, sódio, potássio e cloreto.</p>
Urina	<p><b>Bioquímicos:</b> pH, glicose, proteína, cetona, bilirrubina e urobilinogênio.</p> <p><b>Visuais/microscópicos:</b> Qualidade, cor, claridade, volume, gravidade específica da urina, sedimento.</p>
Tecidos	<p><b>Pesagem:</b> Glândulas adrenais, rins, baço, cérebro, fígado, timo, epidídimos, testículos, ovários e útero.</p> <p><b>Histopatologia:</b> Esôfago, estômago, duodeno, jejuno, íleo, cólon, ceco, reto, fígado, baço, pâncreas, adrenais, rins, linfonodos, timo, tireoide, paratireoide, bexiga, tubas uterinas, útero, ovários, vagina, próstata, vesículas seminais, medula espinhal, medula óssea, cerebelo, ciático, coração, laringe, faringe, traqueia, glândulas salivares, aorta torácica, ossos e pulmão.</p>

TABELA 1 - Descrição dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e histológicos avaliados nas amostras de sangue, urina e tecidos dos animais (machos e fêmeas) após exposição ao OV-M.

## 2.4 Estabilidade no ambiente aquático

As metodologias para a aplicação dos testes de biodegradação aquática (EPA, 1998) e fácil biodegradabilidade (OECD, 1992) são aplicadas às amostras de compostos químicos com o objetivo de avaliar o potencial de biodegradação aerobiótica (por meio da ação de microrganismos) que aquele produto sofrerá quando liberado no meio ambiente aquático. Nesse contexto, apesar de algumas diferenças na expressão do resultado de ambas, as metodologias descritas pela OECD e pela EPA avaliam o mesmo indicador: a quantidade de CO<sub>2</sub> produzido pelos microrganismos durante o processo de degradação da substância testada.

Outro fator que justifica, do ponto de vista logístico, a utilização da metodologia da OECD em detrimento a da EPA, é a baixa disponibilidade de empresas acreditadas que executem essa metodologia. Dessa forma, a estabilidade do OV-M no meio aquático foi testada por meio da determinação da biodegradabilidade imediata (OECD, 1992). Para isso,

quantidades de OV-M, correspondente à  $10 \text{ mgC L}^{-1}$ , foram inseridas em frascos contendo solução nutritiva e um *pool* de microrganismos. Os frascos foram submetidos à aeração em fluxo contínuo com ar previamente filtrado em hidróxido de sódio. Após a passagem do ar pelo frasco contendo hidróxido de sódio e pelo frasco contendo a amostra (solução nutritiva e microrganismos), o mesmo foi direcionado para frascos contendo hidróxido de bário, para a captura do  $\text{CO}_2$ . O teste foi conduzido em fotoperíodo de 0:24 h (zero h claro e 24 h escuro) com temperatura entre 20 e 25 °C por período de, no máximo, 28 dias.

Nos ensaios foram utilizados os tratamentos: branco (solução mineral) e substância teste ( $10 \text{ mgC L}^{-1}$ ), ambos em duplicata. Outros dois tratamentos foram empregados, um contendo solução padrão de biodegradabilidade (benzoato de sódio) e outro com solução inibidora (benzoato de sódio e substância teste). Ao final da exposição, a biodegradabilidade da amostra foi avaliada pela evolução de  $\text{CO}_2$ , que é calculada considerando-se a diferença de volumes de HCl utilizados para a titulação do branco e dos tratamentos contendo as amostras testadas.

O teste é considerado válido se a diferença entre os extremos nas duplicatas for menor que 20% no momento que a amostra demonstra um platô e/ou onde não se observa mais a evolução de  $\text{CO}_2$  (no final do teste ou após a janela de 10 dias de incubação). A substância teste deve apresentar biodegradação, atingindo 25% de liberação de  $\text{CO}_2$  em 14 dias, demonstrando não causar inibição do crescimento dos microrganismos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de caracterização, obtidos para os óleos novos sob investigação (Tabela 2), estão em conformidade com a especificação constante na norma ABNT NBR 15422 (ABNT, 2006). Baseado nos valores encontrados para o OV-M, pode-se concluir que esse óleo atende a especificação básica para utilização como fluido isolante em equipamentos elétricos. Ensaio de compatibilidade desse óleo com os principais materiais internos de transformadores devem ser realizados bem como ensaios de determinação da vida útil do papel isolante, os quais fornecerão dados complementares sobre a potencialidade de aplicação do OV-M no setor elétrico.

Parâmetro/ Característica	Método de ensaio (ABNT NBR)	Tipo de óleo				
		Envirotemp FR3	Biovolt B	Biovolt A	Biovolt HW	OV-M
Densidade relativa a 20/4 °C	7148	0,9197	0,9184	0,9182	0,9125	0,9160
Viscosidade cinemática à 40 °C	10441	36,3	33,2	34,7	40,8	45,2
Teor de água	5758	68	74	100	80	152
Ponto de fulgor (°C)	11341	317	316	314	310	310
Ponto de combustão (°C)	11341	352	348	344	342	348
Rigidez dielétrica	NBR IEC 60156	53	51	46	59	60
Fator de perdas dielétricas a 25 °C	12133	0,1	0,15	0,13	0,10	0,064
Fator de perdas dielétricas a 90 °C	12133	1,3	2,0	1,8	1,5	0,58
Índice de neutralização	14248	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05

Tabela 2 - Caracterização dos óleos novos sob investigação tal qual recebidos.

Fonte: ABNT, 2006.

Os métodos tradicionalmente utilizados para avaliar a estabilidade a oxidação de óleo mineral isolante (OMI) são o envelhecimento acelerado pela norma ASTM D2440 (ASTM, 2013) e o ensaio da bomba rotatória (ASTM, 2007). No método da ASTM D2440, utiliza-se para avaliação do envelhecimento do óleo os ensaios de índice de neutralização e de determinação de borra. Como o envelhecimento do óleo vegetal, na presença de oxigênio, não forma borra, mas a viscosidade do fluido aumenta, este método não foi utilizado neste trabalho. A sugestão é que este método seja revisado e adaptado para o OVI.

Na Tabela 3 estão mostrados os resultados para os ensaios de estabilidade a oxidação pela bomba rotatória (RBOT) para os diferentes OVIs e o OV-M. Como as condições do ensaio da bomba rotatória são muito agressivas, o óleo vegetal oxida muito rápido neste tipo de ensaio. Os valores encontrados para os óleos Envirotemp FR3 e Biovolt B estão dentro do erro do experimento. Já os óleos Biovolt A, Biovolt HW e OV-M apresentaram resultados superiores, porém ainda muito inferiores aos normalmente encontrados para o óleo mineral isolante, que em geral apresenta valores acima de 200 min. A funcionalidade química do OVI (éster) é responsável pelos valores inferiores em comparação ao óleo mineral isolante (hidrocarboneto), por outro lado, essa mesma funcionalidade confere alta biodegradabilidade aos OVIs. Por outro lado, a diferença observada entre os diferentes OVIs analisados pode ser explicada com base na composição química (tipos de ácidos graxos) e na formulação dos óleos pelos fabricantes (aditivos, estabilizantes, etc.).

Estabilidade a oxidação	Envirotemp FR3	Biovolt B	Biovolt A	OV-M	Biovolt HW
Método Rancimat*, h	~ 3	~ 12	~ 16	~ 19	~ 28
Método Bomba Rotatória, min	~ 7	~ 10	~ 17	~ 25	~ 90

\*Ensaio realizado à 130 °C.

Tabela 3 - Ensaio comparativos de estabilidade a oxidação realizados em diferentes OVIs e o OV-M, pelos métodos Rancimat e bomba rotatória.

Convém ressaltar que o desvio padrão médio para o método do Rancimat é em torno de 0,5 h. Em suma, os resultados obtidos mostram que a sensibilidade do método Rancimat para OVIs que apresentam baixos períodos de indução é maior em comparação a método da bomba rotatória. Ademais, o OV-M apresentou valores intermediários entre o OVI formulado a partir do óleo de milho (Biovolt A) e o de alto teor de ácido oleico (Biovolt HW).

O método Rancimat tem sido empregado há muito tempo para avaliar a estabilidade a oxidação de óleos vegetais comestíveis (Knothe et al., 2005; Domingos et al., 2007) e de óleos vegetais isolantes (Wilhelm et al., 2012, Wilhelm et al., 2013). Nas condições de realização dos ensaios, pode-se perceber que os óleos apresentaram para o método Rancimat um aumento no período de indução, conforme segue: Envirotemp FR3 < Biovolt B < Biovolt A < OV-M < Biovolt HW (Tabela 3). Porém, para o método Rancimat a variação do período de indução entre os óleos Envirotemp FR3, Biovolt B e Biovolt A em comparação aos óleos Biovolt HW e OV-M foi menos acentuada em comparação ao método da bomba rotatória. Outro item a observar é que para o método Rancimat a diferença entre os óleos Envirotemp FR3 e Biovolt B (9 h), por exemplo, é bem perceptível enquanto para o método da bomba rotatória a diferença observada (3 min) está dentro do erro experimental do método.

Nos testes de toxicidade oral realizados em roedores não foi observada mortalidade ou alterações dos sinais clínicos e oftalmológicos, bem como alteração de peso, consumo de alimentos ou alterações na eficiência alimentar, atribuíveis à ingestão do OV-M. Foram observadas pequenas reduções, sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ), no consumo de alimento para os machos do grupo 4 (100.000 ppm). Esse fato pode estar relacionado com pequenas diferenças na densidade de energia do material teste em relação à dieta controle e/ou a diferenças leves de palatabilidade.

A exposição ao OV-M não induziu o aparecimento de patologias clínicas, macroscópicas ou alterações de peso de órgãos associados. As alterações histopatológicas observadas nas glândulas adrenais de fêmeas do grupo 2 (vacuolização citoplasmática) também podem estar relacionadas com a alteração da densidade da dieta, porém do ponto de vista toxicológico, tais alterações são consideradas de mínima gravidade, sem impacto toxicológico.



Em resumo, nas condições do presente estudo, não houve alterações, hematológicas, clínicas e bioquímicas relacionadas com a administração de OV-M em roedores. Todas as alterações foram consideradas incidentais e sem impacto biológico, uma vez que não foram acompanhadas por qualquer outra alteração clínica ou histopatológica associada. Como tal, estas e todas as outras variações foram consideradas toxicologicamente insignificantes. Nas condições deste estudo e, com base nos parâmetros toxicológicos avaliados, o nível sem efeito adverso observado (NOAEL), para a administração de OV-M na dieta de ratos, foi de 100.000 ppm, a dose mais elevada testada.

Geralmente, testes de toxicidade utilizados para a caracterização de um produto avaliam apenas um indicador: a mortalidade dos animais expostos à substância teste. Dessa forma, efeitos subcrônicos (aqueles que não causam mortalidade) não são avaliados (Costa et al., 2008). Por esse motivo, o ensaio de toxicidade utilizado no presente trabalho contribui de maneira efetiva para a avaliação dos efeitos do OV-M para organismos vivos, porque apresenta dados de análises em vários níveis de complexidade biológica (bioquímicos, hematológicos, histológicos e clínico-patológicos), os quais asseguram maior confiabilidade aos resultados obtidos.

Após a realização do ensaio de biodegradabilidade imediata, foram obtidos os valores de CO<sub>2</sub> contidos na Tabela 4. O ensaio foi considerado válido, já que a diferença entre os extremos das duplicadas foi menor que 20% e o padrão biodegradável (NaC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO<sub>2</sub>) apresentou aumento de 60% de evolução de CO<sub>2</sub> em 10 dias. Além disso, a amostra OV-M (OV-M 1 e OV-M 2 da Tabela 4) apresentou liberação de CO<sub>2</sub> superior a 25% em 14 dias de exposição, indicando que não houve inibição do crescimento dos microrganismos por parte da substância teste.

Dias de incubação	Liberação de CO <sub>2</sub> (mg)			
	OV-M 1	OV-M 2	NaC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO <sub>2</sub> 1	NaC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CO <sub>2</sub> 2
1	9,4	10,1	29,6	29,8
3	43,0	31,8	55,3	55,0
6	58,7	40,2	76,7	70,9
8	67,7	46,0	105,6	97,0
10	75,6	56,4	135,7	128,9
13	80,8	62,4	151,5	145,6
18	98,6	82,7	177,4	170,1
23	118,2	104,5	196,2	192,5

Tabela 4 - Total de CO<sub>2</sub> (mg) liberado da substância testada (OV-M) e do benzoato de sódio (NaC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO<sub>2</sub>) durante 23 dias de exposição.

A fácil biodegradabilidade observada para o OV-M indica que, quando em contato com o meio ambiente, as bactérias, naturalmente presentes naquele local, podem biodegradar o produto e, com isso, este ficará menos biodisponível para causar efeitos adversos para a fauna e flora local (Heath, 1995). A fácil biodegradabilidade e a ausência de efeitos tóxicos tornam o OV-M um produto desejável para operar em locais que apresentam condições que inviabilizam ações de remediação rápidas, em caso de vazamento ou derramamento.

## 4 | CONCLUSÃO

As análises físico-químicas realizadas mostraram que o OV-M (óleo mineral extraído de microalgas) atendeu às especificações básicas definidas pela norma ABNT NBR 15422. Ainda, quando comparado aos óleos vegetais, o OV-M possui estabilidade a oxidação superior ao óleo Biovolt A, porém inferior ao óleo com alto teor de ácido oleico (Biovolt HW), indicando que seu perfil de ácidos graxos ainda pode ser melhorado pela tecnologia da Solazyme Inc.

Do ponto de vista ambiental, o OV-M foi muito favorável, uma vez que não causou nenhum efeito tóxico sobre os animais testados, sendo que o NOAEL obtido foi de 100.000 ppm, a maior concentração testada. Além da não toxicidade, o OV-M apresentou biodegradação de 100% sendo, dessa forma, considerado como um produto facilmente biodegradável. Outros ensaios, complementares, precisam ser realizados para inferir sobre sua aplicação em transformadores de energia, como a compatibilidade com materiais internos do transformador e a determinação da vida útil do papel isolante.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Standard Test Method for Oxidation Stability of Inhibited Mineral Insulating Oil by Pressure Vessel**. ASTM D2112:2007. United States of America.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **Standard Test Method for Oxidation Stability of Mineral Insulating Oil**. ASTM D2440:2013. United States of America.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Óleos vegetais isolantes para equipamentos elétricos – Especificação**. ABNT NBR 15422:2006. Brasil.

BRITISH STANDARDS – BS. **Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)**. BS EN 14112:2003. United Kingdom.

COSTA, C. R., OLIVI, P., BOTTA, C. M. R., ESPINDOL, E. L. G. **A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação**. Química Nova, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

DOMINGOS, A. K., VECHIATTO W. D., SAAD, E. B., WILHELM, H. M., RAMOS, L. P. **The Influence of BHA, BHT and TBHQ on the Oxidation Stability of Soybean Oil Ethyl Esters (Biodiesel)**. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 18, n. 2, p. 416-423, 2007.

HEATH, A. G. **Water Pollution and Fish Physiology**. Lewis Publishers, 2nd ed., Boca Raton, Florida, USA, 1995.

KNOTHE, G., VAN GERPEN, J., KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**, AOCS Press, Champaign, Illinois, USA, p. 302, 2005.

LERAYER, A. **Solazyme: “unlocking the power of microalgae: a new source of sustainable and renewable oils”**. BMC Proceedings, v. 8, 2014.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Guidelines for Testing of Chemicals and Food Ingredients, Section 4 (Part 408): Health Effects, Repeated Dose 90-Day Oral Toxicity Study in Rodents**. 1998.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Ready Biodegradability (301 – part B - 301 B CO<sub>2</sub> evolution test)**. 1992.

SHAHI, T., BEHESHTI, B., ZENOZI, A., ALMASI, M. **Bio-oil production from residual biomass of microalgae after lipid extraction: The case of *Dunaliella Sp.*** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 23, 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY - EPA. **835.3100 - Aerobic Aquatic Biodegradation**. 1998.

WILHELM, H. M., STOCCO, G. B., BATISTA JR., S. G., **In-service natural ester-based insulating fluids reclaiming: preliminary study**. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, v. 20, n. 1, p.128-134, 2013.

WILHELM, H. M., STOCCO, M. B. C., TULIO, L. **Edible natural ester oils as potential insulating fluids**. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, v. 20, n. 4, p. 1395-1401, 2012.

WILHELM, H. M., TULIO, T., JASINSKI, R., ALMEIDA, G. **Aging markers for in-service natural ester-based insulating fluids**. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, v. 18, n. 3, p. 714-719, 2011.

WILHELM, H. M., TULIO, L., UHREN, W. **Produção e uso de óleos vegetais isolantes no setor elétrico**. Brasil Engenharia. São Paulo - Brasil, v. 592, p. 120-124, 2009.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alumina 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107

Ansys 3, 17, 18, 120, 132, 135, 176

Armazenagem de grãos 66, 67, 68, 69, 81, 82, 83

### B

Barragens de rejeito 158, 159, 164, 169, 170

Biomateriais 97, 98, 99, 106, 107

### C

Concreto 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 39, 66, 69, 71, 75, 76, 80, 81, 82, 121, 170

Concreto armado 1, 2, 17, 18, 19, 33, 71, 76, 82

### D

Descarte de lodo 136, 137, 139

Diseño 120, 121, 123, 124, 125, 128

### E

Energia nuclear 58, 61

Ensaio de flexão de três pontos 1, 9, 16

Estabilidade 2, 99, 100, 136, 137, 147, 148, 149, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 192

Estructuras 82, 120, 123, 128

Etanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 212, 222, 226, 231

Extensômetro 171

### F

Falhas térmicas 84, 85, 86, 87, 93

Fibra de coco babaçu 35

Flexión 120, 130, 131

Forjamento 172, 174, 178

Frequência de descarga 136, 142

### G

Gases de falha 85

## **M**

Metanol 84, 85, 87, 89, 94, 95, 224

Método numérico 2, 18

Microalgas 147, 148, 149, 156

Microfundido 172, 175, 178

## **O**

Óleo isolante 84, 85, 86, 87, 92, 147

## **P**

Pandeo 120, 134, 135

Papel kraft isolante 84, 85, 87, 198

Pó de ostra 40, 42, 44, 45, 46, 47, 49

Polipropileno 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 209, 211, 217, 218, 219

Popularização da ciência 58

Preservação ambiental 40, 42

Propriedades mecânicas 26, 35, 39, 97, 101, 102, 202, 203, 204, 211

Prótese craniomaxilofacial 97

## **R**

Reforço 35, 40, 45, 48, 56, 209, 210, 212, 219

Resistencia à compressão 35

Rigidez 45, 120, 127, 128, 153, 209, 223

Rod end 171, 172, 173, 174, 175, 178

## **S**

Silo horizontal 66, 71, 72, 75, 76

Simulação numérica 1, 18, 19, 23, 31, 32, 33, 171, 176

Sismicidade 158, 159, 162, 167, 170

Sólidos sedimentáveis 136, 138, 139, 141, 145

## **T**

Teatro científico 58, 59

Trabalhabilidade 35

## **V**

Viga cilíndrica 18, 19, 20, 22, 27

## **Z**

Zircônia 97, 100, 101, 102, 105, 107

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

4

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 