

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

**Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)**



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

**Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)**



**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande



Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

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

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Desafios e impacto das engenharias no Brasil e no mundo

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Carlos Augusto Zilli

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

D441 Desafios e impacto das engenharias no Brasil e no mundo /  
Organizador Carlos Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR:  
Atena, 2021.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-132-6  
DOI 10.22533/at.ed.326210106

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II.  
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](mailto: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

Esta obra, intitulada “Desafios e Impacto das Engenharias no Brasil e no Mundo”, apresenta 17 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os impactos e desafios enfrentados pela engenharia mundo afora, tais como: Saneamento Básico, Concreto em Situações de Incêndio, Sistemas de Monitoramento Térmico em Construções, Estabilidade de Solos, Auditoria de Barragens, Rotas Rodofluviais, Políticas Públicas e Compostos Bioativos.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO IMPACTO DA VARIAÇÃO DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS DENSAS NO NÍVEL DE ABSORÇÃO SONORA DE MISTURAS ASFÁLTICAS**

Bettina Buchholz  
Breno Salgado Barra  
Yader Guerrero Pérez  
Alexandre Mikowski  
Marcelo Heidemann  
Helena Paula Nierwinski  
Daniel Hastenp lug

**DOI 10.22533/at.ed.3262101061**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

**DESIGN FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DFMEA) OF THE ROD OF THE SUBSEA PIPELINE LOCKING SYSTEM IN AN OPEN PLET**

Raphael Basilio Pires Nonato  
Weslley Souza Gouvêa

**DOI 10.22533/at.ed.3262101062**

### **CAPÍTULO 3..... 29**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE OPÇÕES PARA A DISTRIBUIÇÃO DE CORDOALHAS EM LAJES LISAS PROTENDIDAS SEM ADERÊNCIA**

Anselmo Leal Carneiro  
Lorenzo Augusto Ruschi e Luchi

**DOI 10.22533/at.ed.3262101063**

### **CAPÍTULO 4..... 43**

**PROPOSTA DE UM MÉTODO SIMPLIFICADO PARA ANÁLISE DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO**

Marcelo Mesquita do Amaral  
Mauro de Vasconcellos Real

**DOI 10.22533/at.ed.3262101064**

### **CAPÍTULO 5..... 58**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO DE UMA HABITAÇÃO EM WOOD FRAME NA CIDADE DE SÃO CARLOS – SP**

Alexandre Rodriguez Murari  
Guilherme Côrrea Stamato  
Victor José dos Santos Baldan  
Javier Mazariegos Pablos

**DOI 10.22533/at.ed.3262101065**

### **CAPÍTULO 6..... 68**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO TÉRMICO DE BAIXO CUSTO PARA ÁREAS DE**

## ARMAZENAMENTO DE MEDICAMENTOS

Anderson Natel Soares

**DOI 10.22533/at.ed.3262101066**

## **CAPÍTULO 7..... 71**

### DESENVOLVIMENTO DE PAINEL RECONSTITUÍDO PLÁSTICO-MADEIRA DE BAIXA DENSIDADE

Alice Fontineles Ribeiro

Marcio Franck de Figueiredo

Jose Leonardo dos Santos Carvalho

Fabiana Martins Souza da Silva

Juliana Fonseca Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.3262101067**

## **CAPÍTULO 8..... 78**

### SANEAMENTO BÁSICO E ENTEROPARASIToses: INFLUÊNCIA DIRETA NA RELAÇÃO SAÚDE-DOENÇA

Bianca Vallery Fabiano

Leonardo Muniz Belizário

Andressa Cristina Kretschmer

Rodrigo José Paiva Cruz

Isis Carolina Massi Vicente

Daniela Sikorski

Luana Aparecida Cossentini

**DOI 10.22533/at.ed.3262101068**

## **CAPÍTULO 9..... 85**

### A APLICAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO CONTEXTO DO SANEAMENTO BÁSICO NA GESTÃO MUNICIPAL DE BELÉM, ANANINDEUA E CASTANHAL-PA, NO PERÍODO ENTRE 2010 A 2018

Educélio Gaspar Lisbôa

Leonardo Augusto Lobato Bello

Érico Gaspar Lisbôa

Heriberto Wagner Amanajás Pena

**DOI 10.22533/at.ed.3262101069**

## **CAPÍTULO 10..... 102**

### CRITÉRIOS DE SENIORIDADE E NÍVEIS SUBSEQUENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DE AUDITORES DE BARRAGENS

Rafaela Baldi Fernandes

Karina Lívia Vieira

Felipe Daiha Alves

**DOI 10.22533/at.ed.32621010610**

## **CAPÍTULO 11..... 113**

### DESEMPENHO MECÂNICO DE DIFERENTES SOLOS ESTABILIZADOS COM CAL HIDRATADA

Aloísio Felipe de Pádua Lima

Diogo Antonio Correa Gomes  
Eduardo Hélio de Novais Miranda  
Luís Eduardo Silveira Dias  
Pedro Luiz Terra Lima

**DOI 10.22533/at.ed.32621010611**

**CAPÍTULO 12..... 120**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE ROTAS RODOFLUVIAIS NA CIDADE DE MARABÁ-PA  
COMO APOIO AO TRANSPORTE URBANO**

Isaac Gabriel Peixoto Borges de Oliveira  
Alan Monteiro Borges  
Nuria Pérez Gallardo

**DOI 10.22533/at.ed.32621010612**

**CAPÍTULO 13..... 127**

**ANÁLISE DE AEROFÓLIOS DE ALTA SUSTENTAÇÃO PARA APLICAÇÃO EM  
AERONAVE CARGUEIRA NÃO TRIPULADA DA EQUIPE ARAERO AERODESIGN**

Jéssica Sales Pereira dos Santos  
João Pedro Avancini Dias  
Antonio Ricardo Grippa Satiro

**DOI 10.22533/at.ed.32621010613**

**CAPÍTULO 14..... 146**

**ESTUDO ANALÍTICO, DIMENSIONAMENTO E FABRICAÇÃO DE UM VENTILADOR  
CENTRÍFUGO COM PÁS CURVADAS PARA TRÁS E TRAÇADO DAS CURVAS  
CARACTERÍSTICAS**

Carlos Alberto da Maia  
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.32621010614**

**CAPÍTULO 15..... 156**

**ESTUDO ANALÍTICO DE UM VENTILADOR CENTRÍFUGO E CONFECÇÃO DE UMA  
BANCADA EXPERIMENTAL**

Carlos Alberto da Maia  
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.32621010615**

**CAPÍTULO 16..... 167**

**INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO CONTRA DEMANDA BIOLÓGICA NAS PROPRIEDADES  
FÍSICO-MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE CAIXETA (*Simarouba amara*)**

Andréa de Souza Almeida  
Gabriel Criscuolo  
Francisco Antonio Rocco Lahr  
André Luis Christoforo

**DOI 10.22533/at.ed.32621010616**

**CAPÍTULO 17..... 180**

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS EN**



**PURÉ INSTANTÁNEO DE DIEZ CLONES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum tuberosum*)  
CULTIVADAS EN ANDAHUAYLAS**

Carlos Alberto Ligarda Samanez

David Choque Quispe

Betsy Suri Ramos Pacheco

Elibet Moscoso Moscoso

**DOI 10.22533/at.ed.32621010617**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>192</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>193</b>

## INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO CONTRA DEMANDA BIOLÓGICA NAS PRÓPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE CAIXETA (*Simarouba amara*)

Data de aceite: 25/05/2021

Data de submissão: 09/04/2021

### **Andréa de Souza Almeida**

Universidade de São Paulo, Ciência e Engenharia de Materiais  
São Carlos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/8357751524776131>

### **Gabriel Criscuolo**

Universidade de São Paulo, Engenharia e Ciência de Materiais  
Pirassununga – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0497417565847865>

### **Francisco Antonio Rocco Lahr**

Universidade de São Paulo, Engenharia de Estruturas  
São Carlos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2333091200416653>

### **André Luis Christoforo**

Universidade Federal de São Carlos, Estruturas e Construção Civil  
São Carlos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7623383075429186>

**RESUMO:** A preservação química visa proteger a madeira contra quaisquer ações deterioradoras, sejam elas consequências de fenômenos físico-químicos, como a ação do intemperismo, ou de fenômenos biológicos, como os organismos xilófagos. No Brasil, um dos preservativos mais utilizados nas usinas de preservação é o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), que

é aplicado na madeira através do processo de vácuo-pressão, método que em tese poderia aumentar a quantidade de defeitos superficiais e diminuir os valores das propriedades físico-mecânicas das madeiras. Atualmente, em decorrência da disponibilização no mercado (devida à implantação de áreas certificadas no Brasil) de espécies de madeira de média a baixa densidade, a questão da necessidade da preservação contra a demanda biológica se constitui em aspecto de fundamental importância para que se garantam as alternativas de oferta desse material para a construção de estruturas, cuja durabilidade seja equivalente à da madeira de espécies de uso consagrado, como Jatobá, Sucupira, Garapa e Itaúba, por exemplo. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar a influência do tratamento com o preservativo CCA nas propriedades físico-mecânicas da espécie de madeira tropical brasileira *Simarouba amara* (C20), escolhida na tentativa de abranger a classe de resistência mais baixa, de acordo com o que prescreve a ABNT NBR 7190:1997. Foi realizada a caracterização completa da espécie nos dois tipos de tratamento (Sem tratamento – Ref; CCA) para posterior aplicação do teste de comparações múltiplas de Tukey, avaliado ao nível de 5% de significância. Para avaliar o comportamento do preservante a nível celular, foram geradas fotomicrografias por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e seus respectivos espectros de EDS. Os resultados obtidos mostraram que o tratamento químico não afetou significativamente os valores das propriedades físico-mecânicas da espécie estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Madeiras tropicais; preservação; caracterização; propriedades físico-mecânicas.

## INFLUENCE OF IMPREGNATION AGAINST BIOLOGICAL DEMAND ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CAIXETA TIMBER (*Simarouba amara*)

**ABSTRACT:** The chemical preservation aims to protect the wood against any deteriorating actions, be they consequences of physical-chemical phenomena, such as weathering, or biological phenomena, such as xylophagous organisms. In Brazil, the most used preservatives in the preservation plants is Chromated Copper Arsenate (CCA). It's applied to the wood through the vacuum-pressure process, which in theory could increase the amount of surface defects and decrease the values of the physical- mechanical properties of the wood. Currently, due to the availability in the market (due to the implantation of certified areas in Brazil) of medium to low density wood species, the question of the need for preservation against biological demand is an aspect of fundamental importance to ensure the alternatives of supply of this material for the construction of structures, whose durability is equivalent to the wood of species of consecrated use, such as Jatobá, Sucupira, Garapa and Itaúba, for example. In this context, the present work had as objective to investigate the influence of the treatment with the preservative CCA on the physical-mechanical properties of the Brazilian tropical wood species *Simarouba amara* (C20), chosen in an attempt to cover the lowest strength class, according to what ABNT NBR 7190:1997 prescribes. A complete characterization of the species was carried out in the two types of treatment (No treatment - Ref: CCA) was performed for the subsequent application of the Tukey's multiple comparison test, evaluated at the 5% level of significance. To evaluate the behavior of the preservative at the cellular level, photomicrographs were generated by Scanning Electron Microscopy (SEM) and their respective EDS spectra. The results obtained showed that the chemical treatment did not affect significantly the values of the physical- mechanical properties of the studied specie.

**KEYWORDS:** Tropical woods; preservation; characterization; physical-mechanical properties.

## 1 | INTRODUÇÃO

A madeira, material de fonte renovável, possui propriedades vantajosas para a construção civil, como alta resistência mecânica em relação à massa, bom isolamento térmico e elétrico, fácil trabalhabilidade e beleza (VIDAL et al., 2015; SILVEIRA et al., 2018). Como desvantagem, se destaca a suscetibilidade ao ataque de organismos xilófagos, consequência da sua origem biológica que favorece a retenção de umidade e a proliferação destes organismos (MOHAN et al. 2008; TEMIZ et al. 2010; FERRARINI et al., 2012; TEMIZ et al. 2013).

A deterioração causada pelos organismos xilófagos diminui drasticamente as propriedades de resistência e a durabilidade da madeira (EDLUND; NILSSON, 1998; ISAKSSON; BRISCHKE; THELANDERSSON, 2012; SILVEIRA et al., 2018), pois estes organismos atacam os polímeros naturais, que conferem rigidez às paredes celulares

dos elementos anatômicos e proporcionam resistência às solicitações mecânicas e, conseqüentemente, causam mudanças significativas nas propriedades físico-mecânicas das madeiras (OLIVEIRA et al., 1986; ZABEL; MORREL, 1992; ZIGLIO; GONÇALVES, 2013).

Para potencializar as propriedades físicas e mecânicas da madeira e garantir sua durabilidade, é realizado o tratamento preservativo suprindo a necessidade de espécies de longa durabilidade, principalmente em instalações rurais (FARIA et al., 2015; BOSCHETTI et al., 2016). O processo de tratamento químico é desconhecido por muitos brasileiros, sendo necessário que tenha seus conhecimentos mais difundidos para que o uso da madeira como sistema estrutural seja ampliado no país.

Os preservativos utilizados nos tratamentos devem ter determinadas características a fim de alcançar elevados níveis de eficiência, como ter ação duradoura, ser tóxicos a um grande número de organismos xilófagos, permitir penetração profunda e uniforme na madeira, não devem alterar as características da madeira ou dos materiais que estão em contato com a mesma, devem ser preferencialmente inodoros, não inflamáveis, resistentes à lixiviação e entre outras características que devem ser estudadas com base no tipo de madeira a ser tratada e no projeto (FLORIAN, 2011; TEIXEIRA, 2012; TELEGINSKI et al., 2016).

Segundo Lepage (1986), a classificação dos produtos preservativos da madeira pode ser feita com base na natureza físico-química do produto:

- a) Preservativos oleosos, ou seja, cuja natureza é oleosa;
- b) Preservativos oleossolúveis, que são dissolvidos em solventes orgânicos;
- c) Preservativos hidrossolúveis, aqueles em que o dissolvente é a água;

Dentre os preservativos hidrossolúveis, o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) é o mais utilizado no Brasil e é fortemente recomendado para o tratamento de madeiras que possam sofrer lixiviação, processo erosivo ocasionado pela lavagem superficial do solo ou de uma superfície, pois o CCA se fixa às paredes celulares da madeira e não é liberado facilmente para o meio ambiente (SILVA, 2006; VIDAL et al., 2015).

Mais de dezesseis mil espécies estão disponíveis na floresta Amazônica do território brasileiro e, destas, em torno de doze mil espécies foram registradas até o momento (STEEGE et al., 2016). Mesmo com a grande disponibilização das madeiras tropicais no país, as espécies que já eram classificadas foram demasiadamente utilizadas, o que acarretou na diminuição da disponibilidade do material e, conseqüentemente, aumentou os preços do material no mercado madeireiro brasileiro (PAES; MORESCHI; LELLES, 2005; SILVA; CAIXETA FILHO, 2015; LOPES et al., 2017).

Devido à implantação de áreas certificadas no país, houve uma crescente disponibilização no mercado madeireiro nacional de espécies de baixa e média densidade. Dessa forma, as madeiras que apresentam alta durabilidade natural vem sendo substituídas

gradualmente pelas espécies de rápido crescimento, em geral com poucas informações tecnológicas a respeito de seu comportamento ao longo do tempo, e que necessitam de preservação química para garantir a durabilidade do material aplicado em estruturas (PAES; MORESCHI; LELLES, 2005; VIDAL et al., 2015; LOPES et al., 2017).

Neste contexto, este trabalho apresenta uma análise sobre a influência da impregnação contra demanda biológica realizada com CCA-A, aplicado nas madeiras através do processo vácuo-pressão, nas propriedades físico-mecânicas da madeira tropical *Simarouba amara*, comumente conhecida como Caixeta (C20). Tal espécie é usual na construção civil e foi escolhida na tentativa de abranger a classe de resistência mais baixa de acordo com a ABNT NBR 7190/1997.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram analisadas amostras de madeiras da espécie *Simarouba amara*, mais conhecida como Caixeta (C20) (Figura 1). Esta é uma das espécies tropicais mais usuais na construção civil brasileira e foi escolhida na tentativa de se cobrir a classe de resistência mais baixa, de acordo com o que prescreve a ABNT NBR7190/1997, a qual divide as madeiras em classes de resistência com o objetivo de empregar madeiras com propriedades padronizadas, auxiliando na escolha do tipo de madeira para a elaboração de projetos estruturais. Potencialmente, espécies desta classe apresentam maior porosidade e tendem a receber melhor o tratamento preservante.



Figura 1 - Madeira de Caixeta.

Fonte: Autoria própria.

Segundo Moreschi (2013), o CCA é empregado em três tipos de formulações diferentes (tipos A, B e C), todas as formulações contém cerca de 19% em base ao óxido de cobre (CuO) e se diferem em relação aos teores de cromo e arsênico. A Tabela 1 mostra a composição dos três tipos de CCA.

Componente	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Cromo como $CrO_3$	65,5	35,3	47,5
Cobre como CuO	18,1	19,6	18,5
Arsênico como $As_2O_5$	16,4	45,1	34,0

Tabela 1 - Composição do CCA (%).

Fonte: Adaptado MORESCHI (2013).

As amostras de madeiras utilizadas na realização deste trabalho foram tratadas com CCA-A (óxido) através do sistema vácuo-pressão (célula cheia) em autoclave, com pressão entre 12 e 14 atm e retenção de 9,6 kg de preservativo/m<sup>3</sup> de madeira tratada. O tratamento com CCA-A foi realizado na empresa FERRARI TRATAMENTO DE MADEIRAS em São Carlos – SP. As amostras de madeira foram retiradas para os ensaios a partir do seguinte modelo a fim de garantir a menor variabilidade das propriedades:

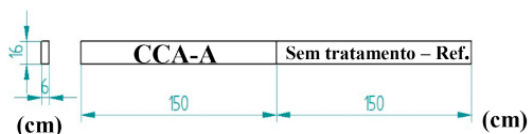


Figura 2 - Retirada das amostras para os ensaios.

Fonte: Autoria própria.

Ao todo foram 12 peças de Caixeta e de cada uma das duas partes (CCA-A, Sem tratamento - Ref) foram obtidos os corpos-de-prova para a determinação das propriedades estudadas, atendendo às recomendações do Anexo B, da ABNT NBR 7190.

As propriedades físico-mecânicas das madeiras de Caixeta foram determinadas conforme recomenda o Anexo B “Determinação das propriedades das madeiras para projeto de estruturas” do documento normativo NBR 7190/1997: Projeto de Estruturas de madeira, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Para a realização dos ensaios mecânicos foi utilizada a máquina universal de ensaios AMSLER com capacidade de 25 toneladas, somente os ensaios de tenacidade foram realizados em máquina específica.

Primeiramente, realizou-se a caracterização completa da espécie sem tratamento, e posteriormente, foi realizada a caracterização completa da espécie com o tratamento preservativo a base do produto hidrossolúvel CCA tipo A. Os resultados das propriedades de resistência e rigidez foram corrigidos para umidade padrão de referência de 12%, como estabelecido pela ABNT NBR 7190/97.

Na Tabela 2 são apresentadas a propriedade física e as propriedades mecânicas investigadas das amostras sem tratamento preservante (Ref) e com tratamento preservante a base de CCA, cabendo destacar que foram fabricados 12 corpos-de-prova na determinação



de cada propriedade (14 propriedades avaliadas) e por condição experimental investigada (sem tratamento, tratamento com CCA), o que resultou em 336 determinações ao todo.

Sigla	Propriedade
$\rho_{ap}$	Densidade aparente a 12% de umidade
$f_{c0}$	Resistência na compressão paralela às fibras
$E_{c0}$	Módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras
$f_{c90}$	Resistência na compressão perpendicular às fibras
$f_{t0}$	Resistência na tração paralela às fibras
$E_{t0}$	Módulo de elasticidade na tração paralela às fibras
$f_{t90}$	Resistência na tração perpendicular às fibras
$f_M$	Resistência convencional na flexão estática
$E_M$	Módulo de elasticidade na flexão
$f_{H0}$	Dureza na direção paralela às fibras
$f_{H90}$	Dureza na direção perpendicular às fibras
$f_{v0}$	Resistência ao cisalhamento na direção paralela às fibras
$f_{fend}$	Resistência ao fendilhamento
W	Tenacidade

Tabela 2 - Propriedades avaliadas.

Fonte: Autoria própria.

A influência do fator tratamento [Tr] (sem - Ref, CCA) nas propriedades mecânicas da madeira de Caixeta foi avaliada com o uso do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Do teste de Tukey:

- **A** denota a condição experimental de maior valor médio da propriedade;
- **B** denota a condição experimental associada ao segundo maior valor médio e assim sucessivamente;
- Letras iguais implicam em tratamentos com médias estatisticamente equivalentes.

Este teste de comparação múltipla consiste na equivalência das médias dos tratamentos como hipótese nula ( $H_0$ ), e na não equivalência de pelo menos duas das médias como hipótese alternativa ( $H_1$ ). Pela formulação da ANOVA, avaliada com o auxílio do software Minitab®, versão 14, P-valor inferior ao nível de significância ( $\alpha = 0,05$ ) implica em refutar  $H_0$  (pelo menos uma das médias se difere das demais), aceitando-a em caso contrário (P-valor  $> 0,05$  = as médias dos tratamentos são estatisticamente equivalentes).

Ambos os ensaios (MEV e EDS) foram realizados com as amostras da espécie *Simarouba amara*. As fotomicrografias de MEV e os respectivos espectros de EDS, que possibilitaram a análise qualitativa da composição dos elementos das soluções

preservativas, foram realizados na Central de Análises Químicas Instrumentais do Instituto de Química de São Carlos (CAQI/IQSC/USP).

As amostras de Caixeta cortadas na direção paralela às fibras da madeira, com dimensões de (1,5 x 1,5) cm de área de superfície e 0,5 cm de espessura, que foram secas em estufa com convecção de ar a 50C durante 24 horas, anteriormente ao ensaio de MEV.

As fotomicrografias de MEV foram obtidas em um equipamento ZEISS LEO 440 (Cambridge, England) com detector OXFORD (modelo 7060), operando com feixe de elétrons de 20 kV, corrente de 2,82 A e I probe de 200 pA. As amostras foram recobertas com 6 nm de ouro em um metalizador Coating System BAL-TEC MED 020 (BAL-TEC, Liechtenstein) e mantidas em dessecador até o momento da análise. As condições de metalização foram as seguintes: pressão na câmara =  $2,00 \times 10^{-2}$  mbar; corrente = 60 mA; taxa de deposição = 0,60 nm/s.

A análise de Energia Dispersiva (EDS) foi realizada em um equipamento EDX LINK ANALYTICAL, (Isis System Series 300), com detetor de SiLi Pentafet, janela ultrafina ATW II (Atmosphere Thin Window), de resolução de 133 eV à 5,9 keV e área de 10 mm<sup>2</sup>, acoplado ao mesmo microscópio em que se obtiveram as fotomicrografias de MEV. Utilizou-se padrão de Co para calibração, feixe de elétrons de 20 kV, distância focal de 25 mm, dead time de 30%, corrente de 2,82 A e I probe de 2,5 nA.

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 3, 4 e 5 são apresentados os valores médios ( $\bar{x}$ ), os coeficientes de variação (Cv) e os resultados do teste de Tukey para as propriedades investigadas para a espécie *S. amara* (Caixeta).

Propriedades	Ref.		Com CCA	
	$\bar{x}$	Cv (%)	$\bar{x}$	Cv (%)
$\rho_{ap}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.33 A	2.67	0.34 A	1.95

Tabela 3 - Valores médios experimentais, coeficientes de variação (Cv) e resultados do teste de Tukey para a densidade aparente da espécie *S. amara* (Caixeta).

Fonte: Autoria própria.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2021), o valor para a densidade aparente na condição de 15% de umidade para a Caixeta é de 0.48 g/cm<sup>3</sup>, diferente das obtidas experimentalmente e na condição de 12% de umidade. Isso é comum, pois dentro da mesma espécie, os valores numéricos das características físicas e mecânicas podem variar de acordo com a região, composição e umidade do solo em que a árvore foi plantada, parte do tronco onde se retiraram as amostras, entre outros fatores

que fazem com que as propriedades de uma mesma espécie possuam diferentes valores devido às diferenças dos lotes (CALIL JUNIOR; DIAS, 1997; SEGUNDINHO et al., 2017).

Propriedades	Ref.		Com CCA	
	x	Cv (%)	x	Cv (%)
$f_{co}$ (MPa)	34.47 <b>A</b>	15.49	33.94 <b>A</b>	11.50
$f_{c90}$ (MPa)	7.20 <b>A</b>	14.99	7.07 <b>A</b>	11.50
$f_{t0}$ (MPa)	49.48 <b>AB</b>	7.41	46.14 <b>B</b>	13.22
$f_{t90}$ (MPa)	2.46 <b>AB</b>	25.60	2.16 <b>B</b>	34.24
$f_M$ (MPa)	62.36 <b>A</b>	15.03	62.07 <b>A</b>	12.04
$f_v$ (MPa)	8.56 <b>B</b>	17.39	10.86 <b>A</b>	15.71
$f_{te}$ (MPa)	0.40 <b>B</b>	24.03	0.45 <b>AB</b>	21.34
$f_{H0}$ (MPa)	509.16 <b>A</b>	14.04	484.39 <b>A</b>	26.67
$f_{H90}$ (MPa)	283.33 <b>A</b>	15.19	305.20 <b>A</b>	41.00
W (N.m)	15.37 <b>B</b>	22.11	25.26 <b>A</b>	17.59

Tabela 4 - Valores médios experimentais, coeficientes de variação (Cv) e resultados do teste de Tukey para os valores de resistência da espécie *S. amara* (Caixeta).

Propriedades	Ref.		Com CCA	
	x	Cv (%)	x	Cv (%)
$E_{co}$ (MPa)	7325 <b>A</b>	29.71	7736 <b>A</b>	28.04
$E_{t0}$ (MPa)	9414 <b>A</b>	7.02	9920 <b>A</b>	19.09
$E_M$ (MPa)	8858 <b>A</b>	17.85	9378 <b>A</b>	20.61

Tabela 5 - Valores médios experimentais, coeficientes de variação (Cv) e resultados do teste de Tukey para os valores de módulo de elasticidade da espécie *S. amara* (Caixeta).

Segundo a ABNT NBR 7190/1997, os valores máximos para o coeficiente de variação (Cv), para que a caracterização possa ser descrita como adequada, é de 18% para esforços normais ( $f_{t0}$  e  $f_{co}$ ), e 28% para esforços tangenciais ( $f_v$ ). A caracterização da Caixeta realizada para todos os casos de tratamento atendeu a estes limites. Os valores para as resistências na compressão paralela às fibras, na flexão e na tração normal às fibras obtidas experimentalmente foram diferentes das expostas na tabela 5, pois os lotes analisados eram diferentes.

Pelo teste de Tukey, os preservante CCA não afetou de forma significativa os

valores para as propriedades estudadas das madeiras de Caixeta.

Foram consultadas diversas bases de dados, revistas eletrônicas, bibliotecas e redes sociais como ResearchGate, Engineering Village e Googlee Acadêmico, porém não foram encontradas pesquisas que abordassem a caracterização completa da espécie *S. amara* ou possíveis perdas nos valores das propriedades destas madeiras devido ao tratamento preservativo com CCA. Devido ao pioneirismo da pesquisa, não foram possíveis maiores comparações.

A Figura 3 é uma fotomicrografia gerada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da madeira de Caixeta (*Simarouba amara*) com CCA-A. Por ser uma superfície em seu estado bruto a análise no MEV foi realizada de forma pontual, escolhendo-se as regiões onde se obteve a melhor visualização das células, da fixação dos óxidos puros às paredes celulares e da visualização do lúmen.

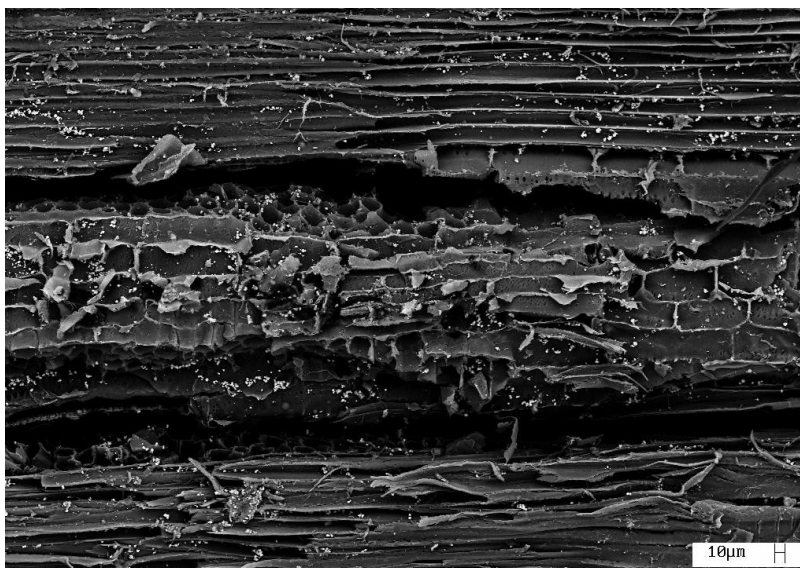


Figura 3 - Fotomicrografia de MEV com ampliação de 500x de magnitude da madeira de Caixeta impregnada com CCA.

Pode ser observado nas imagens os óxidos puros em forma de cristais aderidos em sua maioria nas paredes celulares e alguns dispersos no lúmen, tais cristais são destacados em relação aos componentes da madeira pura devido ao filtro utilizado no ensaio, que os deixam mais claros indicando a presença de elementos metálicos e semi-metálicos, como o cromo, arsênio e o cobre, que são as bases do preservativo utilizado.

Tendo em vista que a imagem é composta de regiões onde pontos mais claros contrastam com regiões mais escuras, e a fim de investigar onde os elementos que compõem o preservativo se encontram, foi feita a análise de EDS em uma região com

baixa concentração de pontos claros e em uma região com alta concentração de pontos claros, onde foi possível constatar que a segunda região obteve maior concentração dos elementos que compunham o preservativo.

Com esta constatação e levando-se em consideração a geometria cristalina dos pontos claros, podemos afirmar que os pontos claros se tratavam de cristais de óxidos puros aderidos no lúmen e na parede celular. Assim, foi feita uma análise em um cristal de maior área e foram obtidas maiores concentrações dos elementos presentes no preservativo, como mostra o espectro de EDS da Figura 4.

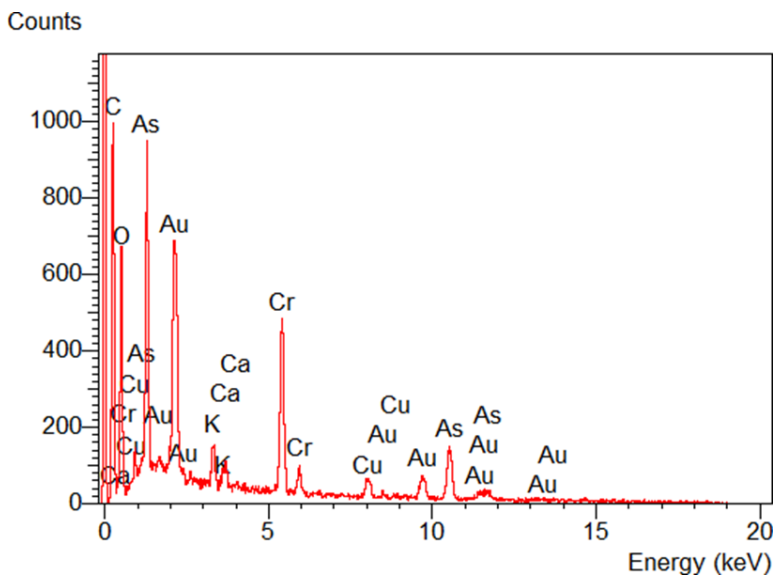


Figura 4 - Espectro de EDS da amostra de madeira impregnada com CCA.

As concentrações de outros elementos, como o potássio, cálcio, oxigênio e carbono que aparecem no espectro de EDS são referentes à própria composição da madeira em si e já eram esperados. O elemento ouro aparece devido à metalização da amostra por meio de um elemento condutor, que no caso é o mesmo.

## 4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que as propriedades das madeiras de Caixeta que tiveram seus valores diminuídos após o tratamento com CCA-A foi devido à ruptura frágil atuante na madeira solicitada mecanicamente. O tratamento com CCA-A não alterou significativamente os valores das propriedades das madeiras de Caixeta e as fotomicrografias de MEV confirmaram o que a literatura apresenta sobre a fixação do CCA nas paredes celulares das madeiras.

Como não foi confirmada a influência, não será necessária a adoção de um novo coeficiente de modificação das resistências no dimensionamento de elementos estruturais de madeira, tendo como base os requisitos da ABNT NBR 7190. E no presente trabalho, ficam registradas a primeira caracterização completa da espécie *S. amara*.

A partir destas conclusões, foi comprovado o elevado nível técnico e de confiabilidade dos tratamentos preservativos realizados pelos processos de vácuo-pressão nas usinas de preservação de madeiras.

## AGRADECIMENTOS

Por todo apoio prestado, os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

BOSCHETTI, Walter Torezani Neto et al. **Preservative treatment of fence posts evaluation through photocalorimetry segmentation performance**. Revista *Árvore*, [s.l.], v. 40, n. 4, p.731-739, ago. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000400017>.

CALIL JR, Carlito; DIAS, Antonio Alves. **Utilização da madeira em construções rurais**. Revista *Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 1, p.71-77, 1997.

EDLUND, Marie-louise; NILSSON, Thomas. **Testing the durability of wood**. *Materials And Structures*, [s.l.], v. 31, n. 9, p.641-647, nov. 1998. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02480616>.

FARIA, Wigor Souza et al. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Tratado e não Tratado com preservativo**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 11, n. 21, p.287-293, jun. 2015.

FERRARINI, Suzana Frighetto et al. **Classificação de resíduos de madeira tratada com preservativos de madeira tratada à base de arseniato de cobre cromatado e boro/flúor**. *Química Nova*, Porto Alegre, v. 35, n. 9, p.1767-1771, jun. 2012.

FLORIAN, Alexandre. **Preservativos de madeira e suas características**. Revista da Madeira, ed. 127, UNB, março 2011. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/revista-madeira>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

GEISSE, M.E. 2006. Tratamento de madeira de reflorestamento em autoclave. Revista da Madeira, 100: 96-99.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (2021). **Informações sobre madeiras**. Disponível em:< [http://www.ipt.br/consultas\\_online/informacoes\\_sobre\\_madeira/busca](http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca)> Acesso em: 05 de mar. 2021.



ISAKSSON, Tord; BRISCHKE, Christian; THELANDERSSON, Sven. **Development of decay performance models for outdoor timber structures**. *Materials And Structures*, [s.l.], v. 46, n. 7, p.1209-1225, 2 nov. 2012. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-012-9965-4>.

LEPAGE, Ennio Silva. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas Estado de São Paulo, Divisão de Madeiras: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1986.

LOPES, Dercílio Junior Verly et al. **Influências do Diâmetro e Umidade da Madeira na Qualidade do Tratamento Preservativo. Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 24, e20160207, 12 set. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.020716>.

MOHAN, Dinesh et al. **Fungicidal values of bio-oils and their lignin-rich fractions obtained from wood/bark fast pyrolysis**. *Chemosphere*, [s.l.], v. 71, n. 3, p.456-465, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.10.049>.

MORESCHI, João Carlos. (2013). **Biodegradação e Preservação da Madeira “Preservativos de Madeira”**. Apostila Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR, vol. 2, Curitiba. 33p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PRESERVATIVOS%20DE%20MADEIRA.pdf>. Acesso em: 05 de jul. 2017.

OLIVEIRA, AMF et al. **Agentes destruidores da madeira**. In: Lepage ES, editor. Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT; 1986. p. 99-278. PMid:3722834.

PAES, Juares Benigno; MORESCHI, João Carlos; LELLES, José Gabriel de. **Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição da seiva. Ciência Florestal**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.75-86, 30 mar. 2005. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981825>.

SEGUNDINHO, Pedro Gutemberg de Alcântara et al. **Eficiência da colagem de madeira tratada de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell para produção de madeira laminada colada (MLC)**. *Matéria*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, e11808, 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170002.0140>.

SILVA, Rodrigo Peixoto da.; CAIXETA FILHO, José Vicente. **Minimização dos Custos de Transporte para Exportação de Madeira da Amazônia Legal. Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.103-125, 30 abr. 2015. Revista de Administracao e Negocios da Amazonia. <http://dx.doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v7n1p103-125>.

SILVA, José de Castro. (2006). **Madeira preservada: impactos ambientais**. *Revista da Madeira*, Caixias do Sul. Disponível em: < <http://www.remade.com.br> >. Acesso em: 04 jul.2017.

SILVEIRA, Amanda Grassmann da et al. **QUALITY OF *Hovenia dulcis* Thunb. Round fence posts submitted to preservative treatment**. *Floresta*, [s.l.], v. 48, n. 1, p.59-66, 13 mar. 2018. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v48i1.50118>.

STEEGE, Hans Ter et al. **The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. Scientific Reports**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-15, 13 jul. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/srep29549>.

TEIXEIRA, Juliana Grilo. **Efeito preservativo de produtos químicos naturais e do tratamento térmico na biodeterioração da madeira de *Pinus caribaea* Morelet**. 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

TELEGINSKI, Evandro et al. **Emprego de técnica de colorimetria e ferramentas de sensoriamento remoto para avaliar o tratamento por CCB de mourões de madeira**. Scientia Forestalis, [s.l.], v. 44, n. 111, p.587-593, 3 out. 2016. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.05>.

TEMIZ, Ali et al. **Chemical composition and efficiency of bio-oil obtained from giant cane (*Arundo donax* L.) as wood preservative**. Bioresources, North America, v. 8, n. 2, p.2084- 2098, mar. 2013.

TEMIZ, Ali et al. **Efficiency of Bio-Oil Against Wood Destroying Organisms**. Journal Of Biobased Materials And Bioenergy, [s.l.], v. 4, n. 4, p.317-323, 1 dez. 2010. American Scientific Publishers. <http://dx.doi.org/10.1166/jbmb.2010.1092>.

VIDAL, Jackson Marcelo et al. **Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p.257-271, jan-mar. 2015.

ZABEL, Robert A.; MORREL, Jeffrey J.. **Wood Microbiology: Decay and Its Prevention**. San Diego: Academic Press, 1992. 474 p.

ZIGLIO, Analine Crespo; GONÇALVES, Débora. **On the use of capsaicin as a natural preservative against fungal attack on *Pinus* sp. and *Hymenaea* sp. woods**. Materials Research, [s.l.], v. 17, n. 1, p.271-274, 23 ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-14392013005000141>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção sonora 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Aditivos químicos 113

Aerodesign 127, 128, 132, 144, 145

Antocianinas 180, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191

Argissolo 113, 115, 117, 118, 119

Arrasto 127, 128, 129, 130, 134, 135, 137, 138, 140, 144

Auditores de barragens 102

### B

Bancada experimental 146, 150, 151, 152, 153, 156, 163, 164, 165

Boas práticas de fabricação 68, 69, 70

### C

Cambissolo 113, 115, 117, 118, 119

Capacidade antioxidante 180, 182, 183, 184, 190, 191

Caracterização 74, 75, 113, 116, 117, 119, 146, 152, 167, 168, 171, 174, 175, 177

Carregamento equivalente 29, 31, 32, 39, 40, 41

Certificação 102, 105

Clones de papa nativa 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Concreto armado 43, 44, 46, 55, 56, 57, 59

Curva granulométrica 2, 6, 10, 11, 12

### D

Desempenho acústico 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66

DFMEA 14, 18, 20, 21, 25, 27, 28

Diagrama de velocidades 146, 149, 156, 162

Dimensionamento à flexão 43

Distribuição das cordoalhas 29, 34, 36, 39

### E

Epidemiologia 80, 84

Escoamento 30, 31, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 140, 144, 147, 148, 149, 150, 154, 156, 158, 161, 162, 164, 166

Estruturas portuárias 43, 44

## **F**

Fenoles 180, 182, 183, 184, 185, 187, 190, 191

FMEA 14, 18, 20, 28

## **I**

Incêndio 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57

Indústria farmacêutica 68, 69

Internet das coisas 68

Investimentos públicos 85, 99

## **L**

Laje lisa 29

Latossolo vermelho 113, 115, 117, 118, 119

## **M**

Madeiras tropicais 168, 169

Mistura asfáltica 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11

Mobilidade urbana 120, 121, 123, 125

Modelo de correlação 85, 87

## **O**

Open PLET 14, 28

## **P**

Painéis de vedação vertical 58

Painel de baixa densidade 71, 76

Painel reconstituído 71, 72, 73, 75, 76

Perfis aerodinâmicos 127, 128, 136, 140

Plástico-madeira 71, 73, 74, 75, 76

Policloreto de vinila 71, 72, 73

Políticas de incentivo 120, 121

Políticas públicas 82, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 125

Preservação 167, 168, 170, 177, 178, 179

Propriedades físico-mecânicas 167, 168, 169, 170, 171, 177

Protensão sem aderência 29

## **Q**

Quantidade de movimento 147, 148, 156, 158, 160, 161

## **R**

Ruído 2, 3, 8, 12, 13, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 147, 159, 164

Rupturas de barragens 102, 103

## **S**

Saneamento básico 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101

Senioridade 102, 107

Sistemas embarcados 68

Structural analysis 14

## **T**

Transporte aquaviário 120

Transporte urbano 120, 124, 125, 126

Turbomáquinas 146, 147, 148, 149, 156, 158, 160, 161, 162

## **V**

Variáveis 69, 70, 85, 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Ventilador centrífugo 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 163, 164, 165, 166





## **W**

Wood frame 58, 59, 60, 61, 65, 67

## **X**

XFLR5 127, 128, 131, 134, 135, 136, 137, 139, 144, 145

# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

 [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)