

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

Henrique Ajuz Holzmann
(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. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

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

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

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

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

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

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

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

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

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

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

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

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-731-4

DOI 10.22533/at.ed.314211901

1. Metalurgia. 2. Engenharia de Materiais e Metalúrgica. 3. Tecnologias. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 669

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

No atual cenário mundial, onde se exige cada vez mais competitividade empresarial, buscar a redução de custos aliadas e a melhoria de qualidade é quase que uma exigência para se manter ativo no mercado. Desta forma a multidisciplinaridade é quase que obrigatória aos profissionais das áreas de engenharia, transitando entre conceito e prática, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber. Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Destaca-se a apresentação das áreas da engenharia de materiais com o desenvolvimento e melhoria de produtos já existentes ou de novos produtos. De abordagem objetiva e prática a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DA CORROSÃO DE AÇO CARBONO EM DIFERENTES MEIOS E O TRATAMENTO POR ELETRÓLISE

Matheus Assumpção Ventura
Lorrana Marchon Silva das Neves
Marlon Demaur Cozine Silva

DOI 10.22533/at.ed.3142119011

CAPÍTULO 2..... 10

CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO COM DUREZA E MICROESTRUTURA DO LATÃO $\alpha + \beta$ CU- 42% ZN

Paulo Kazuto Suyama Junior
Givanildo Alves dos Santos
Francisco Yastami Nakamoto
Márcio Rodrigues da Silva
Vinicius Torres dos Santos
Antonio Tadeu Rogerio Franco
Maurício Silva Nascimento
Antonio Augusto Couto

DOI 10.22533/at.ed.3142119012

CAPÍTULO 3..... 19

ANÁLISE DE LIGAS DE COBRE E A INFLUÊNCIA DA INSERÇÃO DE NIÓBIO: UMA REVISÃO

Anderson do Bomfim Gonzaga
Eduardo Palmeira da Silva
Rogério Teram
Maurício Silva Nascimento
Vinicius Torres dos Santos
Márcio Rodrigues da Silva
Antonio Augusto Couto
Givanildo Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.3142119013

CAPÍTULO 4..... 27

FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTO SUPER-HIDROFÓBICO EM LIGA DE ALUMÍNIO 5052 E AVALIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE AUTOLIMPEZA

Wagner Daniel Oliveira de Araújo
Rafael Gleymir Casanova da Silva
Maria Isabel Collasius Malta
Magda Rosângela Santos Vieira
Severino Leopoldino Urtiga Filho

DOI 10.22533/at.ed.3142119014

CAPÍTULO 5..... 37

COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO E IMPACTO DE COMPÓSITOS DE

MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE TIMBÓ-AÇU

José Maria Braga Pinto
Douglas Santos Silva
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.3142119015

CAPÍTULO 6..... 49

ROADMAP PROPOSAL: PCB AND NANOFIBERS AS STRATEGY FOR INCREASING PROCESS INTENSIFICATION

Ana Neilde Rodrigues da Silva
Neemias de Macedo Ferreira
Maria Lúcia Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.3142119016

CAPÍTULO 7..... 62

CERÂMICA COM ADIÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO APÓS FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIA

Thayane Pereira da Silva
Elias Fagury Neto
Adriano Alves Rabelo

DOI 10.22533/at.ed.3142119017

CAPÍTULO 8..... 71

SÍNTESE DE CERÂMICAS BIFÁSICAS DE FOSFATOS DE CÁLCIO PELO MÉTODO PECHINI

Geysivana Késsya Garcia Carvalho
José Rosa de Souza Farias
Veruska do Nascimento Simões
Aluska do Nascimento Simões Braga

DOI 10.22533/at.ed.3142119018

CAPÍTULO 9..... 82

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO ALUMINATO DE ESTRÔNCIO DOPADO COM TÉRPIO ATRAVÉS DO MÉTODO DE POLIMERIZAÇÃO POR EMULSÃO REVERSA E A INFLUÊNCIA DO PH NO POLIMORFISMO

Talyta Silva Prado
Paulo Neilson Marques dos Anjos

DOI 10.22533/at.ed.3142119019

CAPÍTULO 10..... 97

ESTUDO DA ÁREA SUPERFICIAL DA PALIGORSKITA: REVISÃO

Gilsiane Costa Spíndola
Érico Rodrigues Gomes
Gilvan Moreira da Paz
Jaciel Cleison Pereira dos Santos
Herivelton de Araujo Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.31421190110

CAPÍTULO 11	107
USO DE PÓ DE ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA SOLOS DA AGRICULTURA: REVISÃO	
Vanessa Ribeiro Castro	
Leandro Josuel da Costa Santos	
Érico Rodrigues Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.31421190111	
CAPÍTULO 12	119
A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO RENDIMENTO EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS – REVISÃO	
Gustavo Neves Margarido	
Federico Bernardino Morante Trigoso	
Carlos Frajuca	
DOI 10.22533/at.ed.31421190112	
CAPÍTULO 13	122
BIOMATERIAIS COMO PRECURSORES DE CARBONOS POROSOS ATIVADOS PARA APLICAÇÃO EM SUPERCAPACITORES – REVISÃO	
Alexandre da Silva Sales	
Érico Rodrigues Gomes	
Gilvan Moreira da Paz	
DOI 10.22533/at.ed.31421190113	
CAPÍTULO 14	135
TRANSISTOR DE FILME FINO ORGÂNICO <i>BOTTOM GATE – BOTTOM CONTACT</i> PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA	
José Enrique Eirez Izquierdo	
Marco Roberto Cavallari	
Dennis Cabrera García	
Loren Mora Pastrana	
Marcelo Goncalves Honnicke	
Fernando Josepetti Fonseca	
DOI 10.22533/at.ed.31421190114	
SOBRE O ORGANIZADOR	148
ÍNDICE REMISSIVO	149

COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO E IMPACTO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE TIMBÓ-AÇU

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 18/10/2020

José Maria Braga Pinto

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7538623816010352>

Douglas Santos Silva

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/6353740518648585>

Roberto Tetsuo Fujiyama

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) e Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/3165747089941318>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar as propriedades mecânicas de compósitos de matriz poliéster com reforços de fibras extraídas de uma espécie vegetal natural da floresta tropical da Amazônia, popularmente denominada de cipó timbó-açu, como alternativa aos compósitos poliméricos reforçados com fibras sintéticas ou com fibras vegetais tradicionalmente usadas. A

matriz de poliéster utilizada foi a tereftálica pré-acelerada com naftenato de cobalto e curada à temperatura ambiente com catalisador peróxido de metil-etilcetona (MEK) na proporção em relação à resina de 0,33% em volume. As fibras foram preparadas manualmente a partir dos cipós de timbó-açu. Os compósitos foram preparados com fibras cortadas manualmente com os comprimentos de 5, 10 e 15 mm que apresentaram resistência à tração de 9,89 ($\pm 2,16$) MPa para o reforço de 5 mm, 11,84 ($\pm 2,23$) MPa para o reforço de 10 mm e 19,42 ($\pm 3,15$) MPa para o reforço de 15 mm. Ao ensaio de impacto Charpy os materiais compósitos apresentaram valores crescentes conforme o aumento do comprimento do reforço, sendo de 13,43 ($\pm 1,61$) kJ/m² para o reforço de 5 mm, 13,73 ($\pm 5,80$) kJ/m² para o reforço de 10 mm e para os compósitos reforçados com fibras de 15 mm de comprimento, o valor da resistência ao impacto foi 16,60 ($\pm 5,83$) kJ/m². Posterior ao ensaio mecânico de tração e impacto, as superfícies de fratura das amostras foram analisadas para a verificação dos principais mecanismos de falha. As análises foram feitas utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV).

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos poliméricos; propriedades mecânicas; fibra de timbó-açu.

MECHANICAL BEHAVIOR IN TENSION AND IMPACT OF POLYESTER MATRIX COMPOSITES REINFORCED WITH TIMBÓ-AÇU FIBERS

ABSTRACT: The objective of this work was to determine the mechanical properties of polyester

matrix composites with fiber reinforcements extracted from a natural plant species from the Amazon rainforest, popularly called timbó-açu vine, as an alternative to polymeric composites reinforced with synthetic fibers or with vegetable fibers traditionally used. The polyester matrix used was pre-accelerated terephthalic with cobalt naphthenate and cured at room temperature with methyl ethyl peroxide (MEK) catalyst in proportion to the 0,33% by volume resin. The fibers were prepared manually from the timbó-açu vines. The composites were prepared with fibers cut manually with the lengths of 5, 10 and 15 mm that presented tensile strength of 9,89 ($\pm 2,16$) MPa for the reinforcement of 5 mm, 11,84 ($\pm 2,23$) MPa for 10 mm reinforcement and 19,42 ($\pm 3,15$) MPa for 15 mm reinforcement. In the Charpy impact test, the composite materials showed increasing values as the reinforcement length increased, being 13,43 ($\pm 1,61$) kJ/m² for the 5 mm reinforcement, 13,73 ($\pm 5,80$) kJ/m² for 10 mm reinforcement and for 15 mm long fiber-reinforced composites, the impact resistance value was 16,60 ($\pm 5,83$) kJ/m². After the mechanical test of traction and impact, the fracture surfaces of the samples were analyzed to verify the main failure mechanisms. Analyzes were performed using a scanning electron microscope (SEM).

KEYWORDS: Polymeric composites; mechanical properties; timbó-açu fiber.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico relacionado com as exigências de consumo continua a aumentar a demanda sobre os recursos globais, levando a grandes questões de disponibilidade de material e sustentabilidade ambiental (FARUK et al., 2012).

A utilização de materiais renováveis e biodegradáveis são algumas das opções para melhorar a qualidade de vida em nosso planeta. Entre os diversos recursos naturais estão os materiais lignocelulósicos, dos quais cerca de 2,5 bilhões de toneladas estão disponíveis em nosso planeta, e têm sido usados desde 6000 a.C. (KOZLOWSKI., et al 2004). As fibras lignocelulósicas estão disponíveis em muitos desses materiais, que são chamados também de fibras naturais ou fibras vegetais.

Diante disso, a utilização de fibras naturais, como reforço para compósitos poliméricos substituindo fibras sintéticas, especialmente fibras de vidro, vem crescendo nas últimas décadas para diferentes setores industriais, tais como embalagens, automóveis e até mesmo no setor da construção (WAMBUA et al., 2007). Isto acontece devido, principalmente, às suas características únicas, como abundância, biodegradabilidade, baixa densidade, natureza não tóxica, menos abrasividade aos equipamentos de transformação e propriedades mecânicas úteis, bem como baixo custo (MONTEIRO et al., 2006).

Contudo, as fibras naturais não são uma alternativa livre de problemas. Na prática, existem deficiências que estão relacionadas ao seu elevado grau de absorção de umidade e sua baixa estabilidade dimensional (LEVI NETO e PARDINI, 2006). Por isso, um conhecimento cada vez mais aprofundado sobre todas as características das fibras naturais, tem permitido o desenvolvimento de técnicas de tratamentos que permitem solucionar as principais limitações do uso de fibras naturais em materiais compósitos (CASTRO, 2013).

A fibra vegetal objeto do presente trabalho não pertence ao grupo das fibras tradicionalmente cultivadas para este fim. De acordo com sua utilização de suas fibras, é classificada como uma planta secundária. (FARUK et al, 2012), as fibras, são oriundas dos cipós das florestas nativas e sua extração deve obedecer aos requisitos de manejo sustentável.

O cipó timbó-açu é definido como uma planta de hábito hemiepífita secundário e, ao contrário da epífita verdadeira, germinam no solo da floresta e, quando as mudas atingem um potencial de crescimento, sobem nos troncos para se instalarem nas copas das árvores, mandando raízes aéreas em direção ao solo. O timbó-açu pertence ao gênero *Heteropsis* e como outros do gênero são abundantes no dossel da vegetação em florestas tropicais.

Com isso, o presente estudo propõe desenvolver e caracterizar o compósito de matriz polimérica utilizando resina poliéster, tendo como agente de reforço, fibras curtas da espécie vegetal florestal timbó-açu e avaliar suas propriedades para potencializar a aplicação como alternativa aos compósitos tradicionalmente pesquisados.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O polímero utilizado na elaboração do trabalho foi a resina poliéster tereftálica insaturada pré-acelerada e o agente catalisador peróxido de metil-etil-cetona (MEK) na proporção de 0,33% em volume. Com esta proporção, Rodrigues (2008), obteve boas propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.

A fibra técnica utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, obtida a partir do cipó (raiz aérea) foi adquirida junto aos artesões da cidade de Belém-PA, que segundo informações dadas, foram trazidas do município de Igarapé-açu-PA.

2.2 Métodos

As fibras utilizadas para fabricação do compósito foram cortadas manualmente, com auxílio de tesoura, nos comprimentos de 5, 10 e 15 mm. Para compósitos com reforço com fibras curtas dispostas aleatoriamente, a preparação dos corpos de prova dos ensaios de tração e impacto, utilizou-se moldes, anteriormente preparados em silicone, em função da simplicidade de fabricação e que na maioria das vezes dispensou a utilização de produto desmoldante.

A fração mássica do reforço dos compósitos foi determinada pela capacidade volumétrica do molde, isto é, pelo preenchimento completo dos moldes pelas fibras, sem compactação. Em recipiente com a resina de poliéster com agente de cura na proporção 0,33% (v/v), as fibras foram adicionadas e homogeneizadas manualmente por cinco minutos, quando foram vertidas nos moldes de silicone sem desmoldante, sem compactação ou vibração e em base rígida e plana.

O processo de cura foi feito em local aberto à temperatura ambiente. Após 15 dias de cura passou-se à fase seguinte que consistiu na preparação/ajustes dos corpos de prova para o ensaio de tração e impacto com as dimensões da norma ASTM D 638 e ASTM D 6110, respectivamente. Como as fibras assumiam posições aleatórias no molde, foi necessário fazer o acabamento por lixamento com lixa para madeira, principalmente, na face superior do corpo de prova.

Os ensaios de tração foram realizados no laboratório do curso de engenharia de materiais do Instituto Federal do Pará (IFPA), em Belém-PA, em uma máquina de tração Universal da marca Arotec, modelo WDW-100E, com velocidade de ensaio de 5 mm/min e célula de carga de 5 kN.

Os ensaios de impacto foram realizados em máquina utilizando martelo acoplado a pêndulo. O objetivo foi medir a energia absorvida pelo material durante a solitação sob esforço de impacto. Esta energia é obtida através do balanço de energias potencial (altura relativa à amostra) e cinética (velocidade desenvolvida) ao qual o martelo é submetido. Os corpos de prova foram preparados nas dimensões de 127 x 12,7 x 12,7 mm.

Posterior ao ensaio mecânico de tração e impacto, as superfícies de fratura das amostras foram analisadas para a verificação dos principais mecanismos de falha. As análises foram feitas utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV).

A Figura 1 mostra a forma e as dimensões do corpo de prova e imagem dos compósitos poliméricos com reforço de fibras de timbó-çu nos comprimentos de 5, 10 e 15 mm, prontos para serem submetidos aos ensaios de tração.

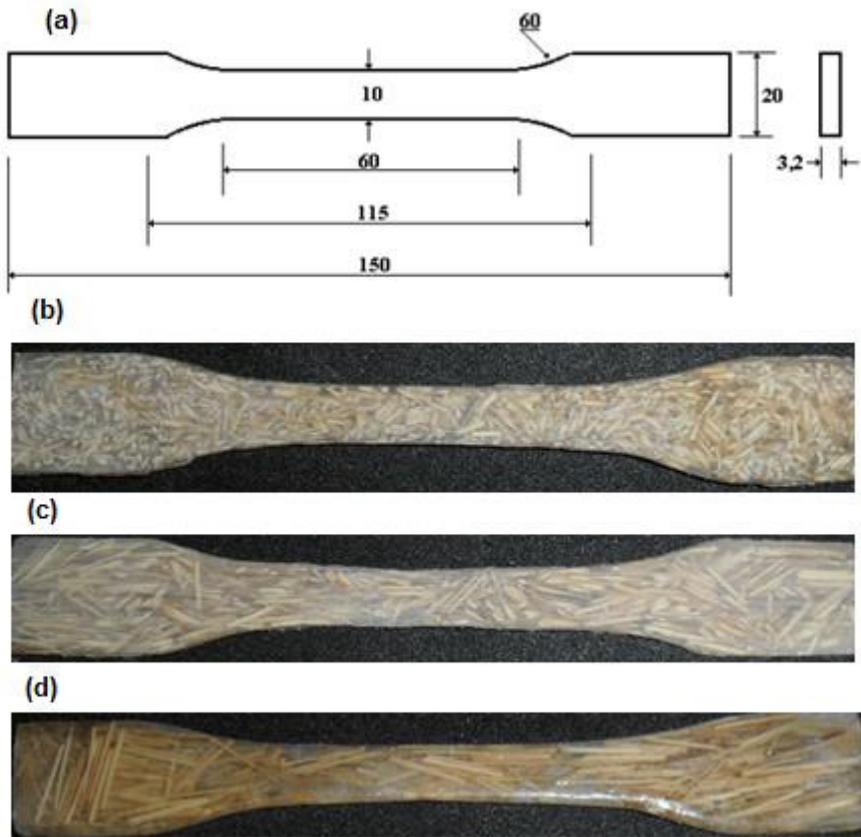


Figura 1: Corpos de prova dos compósitos para ensaio à tração: (a) forma e dimensões; (b) compósito polimérico com fibras de 5 mm; (c) compósito polimérico com fibras de 10 mm; (d) compósito polimérico com fibras de 15 mm.

3 | RESULTADOS

3.1 Ensaio de tração

Os resultados obtidos pelos ensaios de tração tais como, resistência, alongamento, módulo de elasticidade e fração mássica estão apresentados na Tabela 1, onde mostra os dados obtidos dos ensaios à tração dos compósitos de resina poliéster com reforço em fibras de timbó-açu, com comprimentos variados, que possibilitam uma visão global dessas características do compósito.

Reforço	Resistência Máxima à Tração (MPa)	Alongamento na Carga Máxima (%)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Fração Mássica (%)
5 mm	9,89 ± 2,16	5,43 ± 1,21	0,17 ± 0,05	15,31
10 mm	11,84 ± 2, 23	5,62 ± 1,90	0,20 ± 0,06	15,24
15 mm	19,42 ± 3,15	8,05 ± 1,67	0,25 ± 0,04	12,33

Tabela 1: Dados dos ensaios à tração dos compósitos de resina poliéster e fibras de timbó-açu.

Compósitos com fibras curtas de Timbó-açu com comprimento médio de 15 mm, apresentaram valores de força, resistência, alongamento e módulo elástico superiores aos compósitos com reforço de fibras nos comprimentos de 5 e 10 mm. Este comportamento é explicado pela maior interação entre a matriz e a fibra. A Figura 2 mostra as curvas força x deslocamento do compósito polimérico de resina poliéster/catalisador 0,33% (v/v) com reforço de fibra de 5, 10 e 15 mm de comprimento dispostas aleatoriamente.

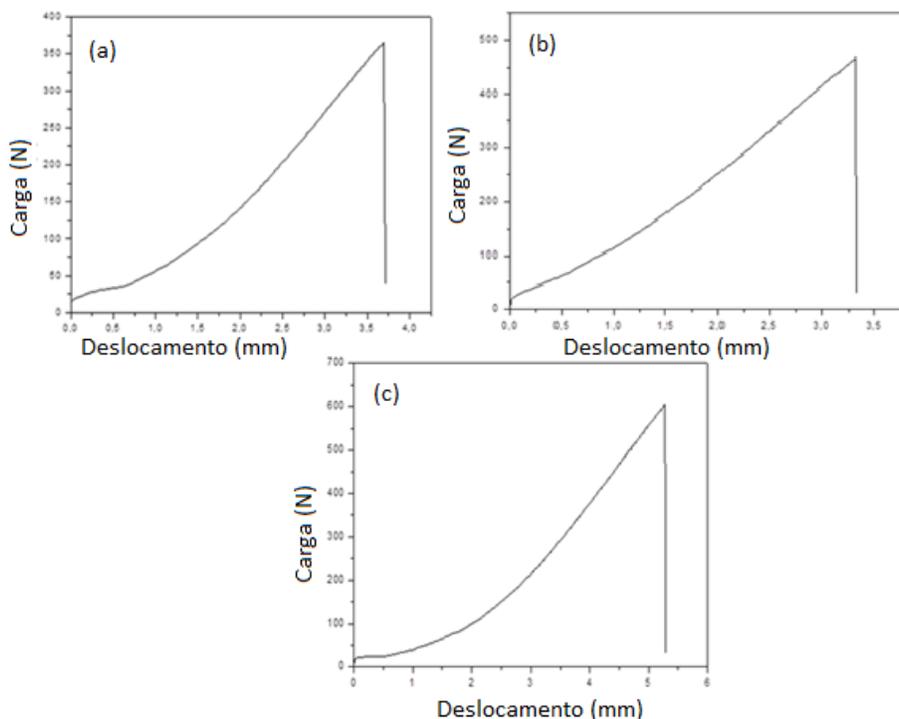


Figura 2: Curvas para os comprimentos de 5 mm (a), com 10 mm (b) e com 15 mm (c).

As curvas apresentadas nesta figura mostram que o compósito de matriz poliéster reforçado com fibras de timbó-açu, apresenta comportamento semelhante aos apresentados

por RODRIGUES (2008), KUWAHARA (2014) e RIBEIRO (2015) que avaliaram compósitos de mesma matriz reforçados por fibras curtas de sisal, bambu e sisal e juta e sisal, respectivamente, onde mostram que estes compósitos apresentaram fraturas frágeis.

3.2 Ensaio de impacto

Os resultados dos ensaios de impacto mostram que houve aumento no valor da resistência ao impacto, para o acréscimo do comprimento do reforço, que demonstra que as fibras mais longas apresentam maior absorção de energia de impacto. A Tabela 2 mostra os valores para o compósito com reforços de fibras de timbó-açu.

Reforço	Resistência ao Impacto Charpy / Desvio Padrão (kJ/m ²)	Fração Mássica (%)
5 mm	13,43 ± 1,61	15,31
10 mm	13,73 ± 5,80	15,24
15 mm	16,60 ± 5,83	12,33

Tabela 2: Dados de ensaios ao impacto Charpy dos compósitos de resina poliéster e fibras de timbó-açu.

No caso de ensaios de impacto, é difícil prever se um plástico reforçado ou um não reforçado terá comportamento superior, isto ocorre porque o aumento de rigidez com o reforço produzirá maior absorção de energia para uma determinada deformação da amostra quando ocorre flexão (antes da quebra), no entanto, a fratura ocorrerá a uma deformação menor que o de uma amostra não reforçada devido ao maior caráter quebradiço (DE e WHITE, 1996).

Com o aumento da fração volumétrica de fibras, os mecanismos de absorção de energia são favorecidos, resultando em mais área superficial e conseqüentemente maior energia de fratura.

De acordo com Silva (2003) a inclusão de fibras e aumento da fração de fibras dentro da matriz tendem a aumentar a resistência ao impacto, pois, as fibras atuam como barreiras dificultando a propagação da trinca na matriz.

Alguns autores consideram a alta tenacidade à fratura e resistência ao impacto a principal vantagem de compósitos com fibras naturais. Porém, a resistência mecânica do compósito é muito dependente da resistência interfacial e, como visto, uma alta resistência interfacial pode diminuir a capacidade de absorção de energia do compósito. Em suma, uma maior resistência ao impacto nem sempre está associada com alta resistência mecânica. O balanço entre estas propriedades dependerá da aplicação pretendida.

3.3 Fractografia de compósito submetido à tração

Os compósitos tiveram as regiões fraturadas estudadas por micrografia, utilizando o microscópio eletrônico de varredura (MEV). As imagens estão apresentadas na Figura 3 para compósito com reforço de fibras com 5 mm, na Figura 4 para compósitos com reforço de 10 mm de comprimento e na Figura 5 para compósitos poliméricos com reforço de fibras com comprimento de 15 mm. As superfícies fraturadas dos compósitos com reforço de fibras de cinco mm mostradas na Figura 3 apresentam sinais de que não houve uma efetiva interação dos componentes, isto é, reforço com este comprimento não é eficiente. As imagens também mostram fibras que em função de não ser completamente envolvidas pela matriz, criam regiões onde não ocorre a transferência de tensões da matriz às fibras. Este fato pode explicar a menor resistência à tração que este compósito apresentou com relação aos compósitos com reforços de maior comprimento e menores frações mássicas. A superfície também apresentou o fenômeno de descolamento ou arrancamento das fibras, mostrado na fratura da fibra fora do plano da fratura da matriz. Também é possível ver pontos escuros na seção fraturada, que possivelmente são bolhas de ar derivadas do processo de homogeneização da mistura. As fibras que no processo de moldagem, ficaram locadas oblíquas ou até transversalmente ao sentido da aplicação da carga de ensaio, pouco contribuíram para acréscimo do valor de resistência do compósito à tração. É possível observar que houve descolamento e arrancamento.

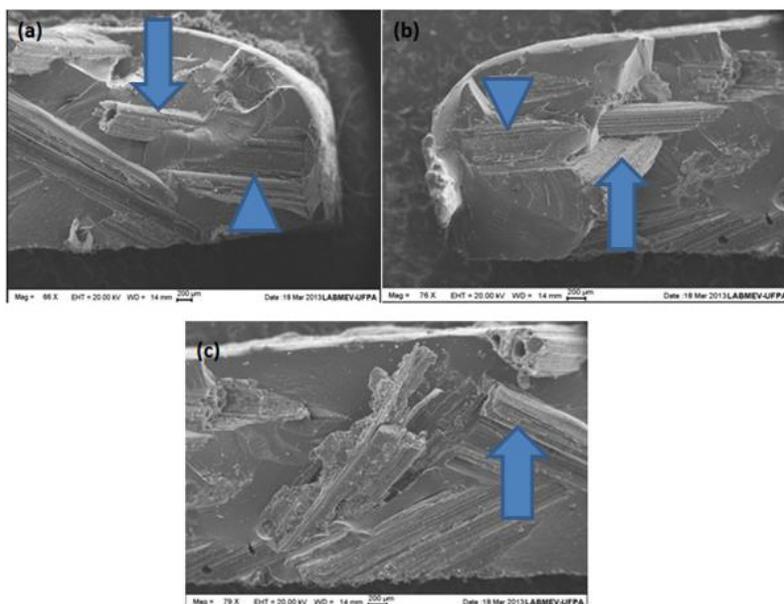


Figura 3: Micrografias de MEV do compósito polimérico com reforço de fibras de timbó-açu não tratadas com 5 mm: seção próxima às bordas, (a) aumento de 66 vezes, (b) aumento de 76 vezes e região central (c) aumento de 79 vezes.

A Figura 4 mostra que no compósito com reforço de 10 mm, as fibras também estão posicionadas oblíquas ao sentido do carregamento. Ocorreu descolamento, arrancamento e ruptura da fibra, fato que não é facilmente observado no compósito com 5 mm do reforço. As setas indicam micro vazios com nucleação e propagação de trinca.

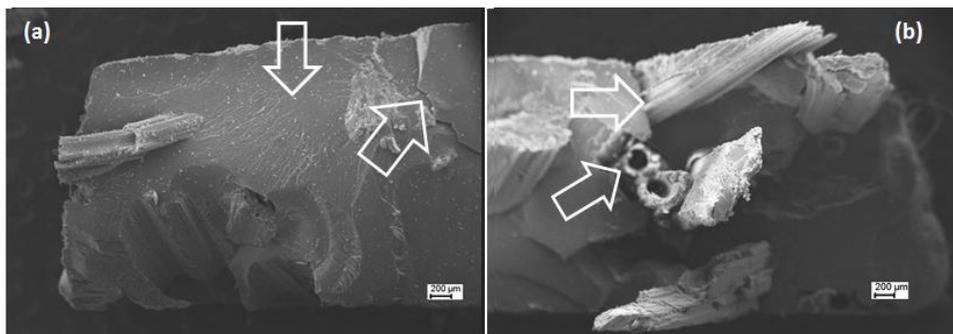


Figura 4: Micrografias de MEV do compósito polimérico com reforço de fibras de timbó-açu não tratadas com 10 mm: (a) aumento de 75 vezes, (b) aumento de 63 vezes.

Na Figura 5, as fibras apresentam um posicionamento mais alinhado com o sentido do carregamento, em função do comprimento da fibra de 15 mm. Havendo maior transferência de carga, a ruptura da matriz e do reforço tende a ocorrer conjuntamente. Com comprimento de 15 mm, as fibras começam a ser eficientes como reforço.

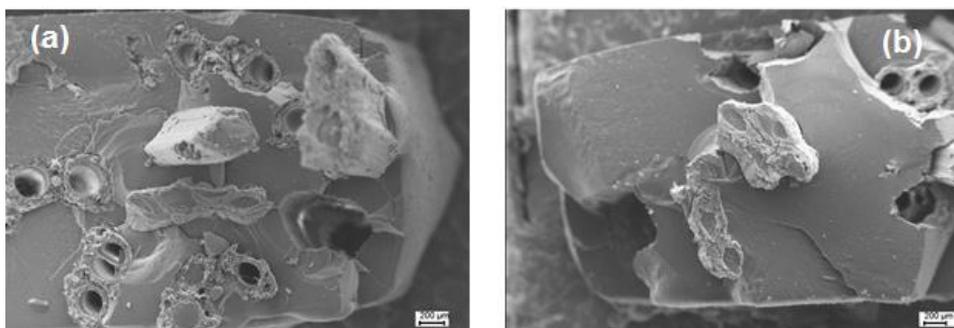


Figura 5: Micrografias de MEV do compósito polimérico com reforço de fibras de timbó-açu não tratadas com 15 mm: (a) aumento de 90 vezes, (b) aumento de 83 vezes.

3.4 Fractografia de compósito submetido a impacto

Dos corpos de prova rompidos nos ensaios de impacto foram extraídos corpos de prova para que fossem submetidos à microscopia eletrônica de varredura (MEV). As Figuras 6, 7 e 8 apresentam as micrografias dos compósitos com os reforços de 5, 10 e 15

mm, respectivamente. As fissuras nas superfícies da matriz, principalmente, nas Figuras 6 e 7 denotam o cisalhamento feito pela ação do martelo de impacto. A Figura 7(b) mostra que houve esmagamento da fibra.

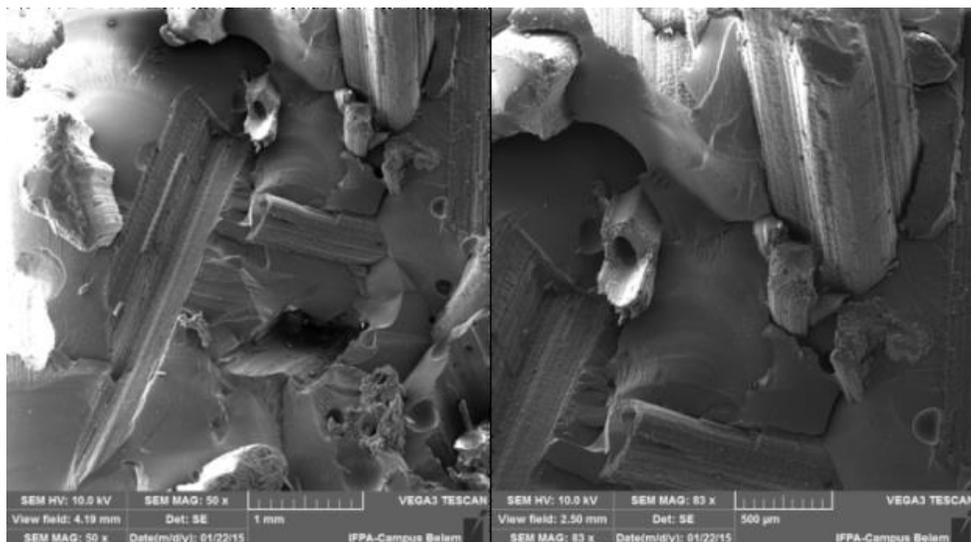


Figura 6: Micrografias da região fraturada do ensaio de impacto dos compósitos com reforço de fibras de timbó-áçu com 5 mm: (a) Ampliação de 50 vezes, (b) ampliação de 83 vezes.

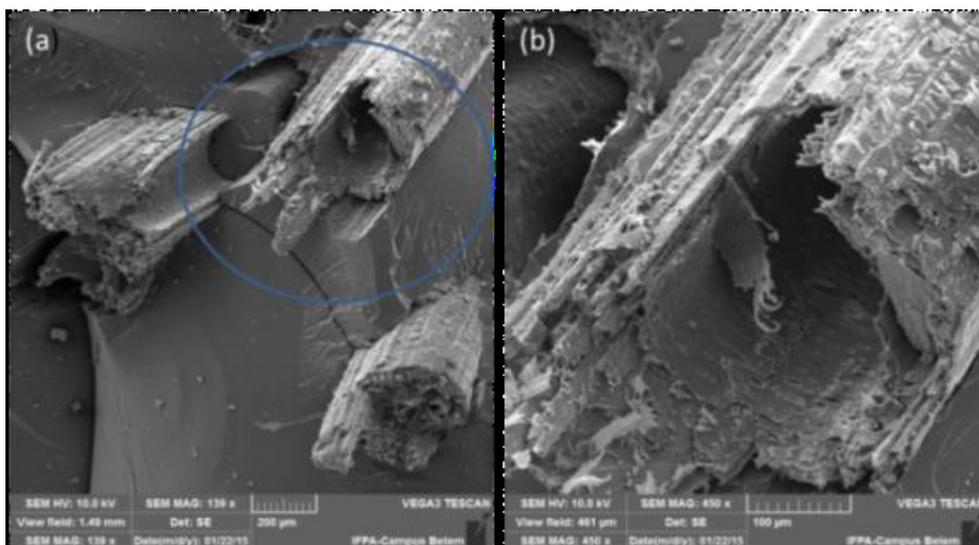


Figura 7: Micrografias da região fraturada do ensaio de impacto dos compósitos com reforço de fibras de timbó-áçu com 10 mm: (a) Ampliação de 139 vezes, (b) ampliação de 450 vezes.

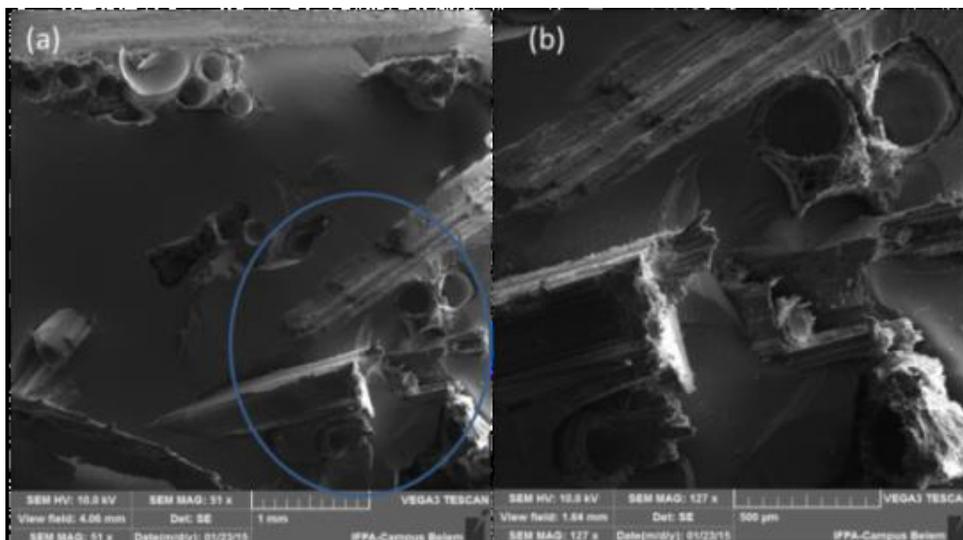


Figura 8: Micrografias da região fraturada do ensaio de impacto dos compósitos com reforço de fibras de timbó-çu com 15 mm: (a) Ampliação de 51 vezes, (b) ampliação de 127 vezes.

4 I CONCLUSÃO

A preparação dos corpos de prova dos compósitos, mesmo que, antes do lançamento nos moldes a mistura de resina e reforço tivesse sido cuidadosamente homogeneizada, quando analisada por microscopia eletrônica de varredura, apresentou para o reforço de 15 mm uma tendência de alinhamento com a maior dimensão do molde.

A caracterização mecânica dos compósitos apresentou os resultados de resistência máxima à tração de 9,89 ($\pm 2,16$) MPa; 11,84 ($\pm 2,23$) MPa e 19,42 ($\pm 3,15$) para os reforços de 5, 10 e 15 mm, respectivamente e a tenacidade ao impacto foi de 13,43 ($\pm 1,61$) kJ/m² para o compósito com reforço de 5 mm de comprimento, 13,73 ($\pm 5,80$) kJ/m² para reforçado com 10 mm e 16,60 ($\pm 5,83$) kJ/m² para reforçado com 15 mm.

A variação no comprimento do reforço nos compósitos mostrou que, relativamente à tração e impacto, o aumento no comprimento resultou em acréscimo nos valores destes parâmetros mecânicos.

A análise dos compósitos feita por microscopia eletrônica de varredura (MEV) das regiões fraturadas mostra presença de cavidades e vazios derivados de falha na homogeneização da mistura ou de moldagem por deficiente molhamento das fibras pela matriz, descolamento influenciado pela fraca adesão fibra/matriz, característica dos compósitos poliméricos com fibras vegetais sem tratamento superficial, inerentes da morfologia hidrofílicas destas e hidrofóbicas da cadeia polimérica da matriz.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Pará Campus Belém e ao apoio financeiro da CAPES, CNPq e Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 638. **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic**. Philadelphia: ASTM, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 6110. **Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens**. Philadelphia: ASTM, 2010.

DE, S. K.; WHITE, J. R. **Short Fibre-Polymer Composites**. Wood head, Publishing Limited England, pg 2, 3, 64, 65. 1996.

FARUK, O.; BLEZKI, A. K.; FINK, H. P.; SAIN, M. **Biocomposites Reinforced With Natural Fibers: 2000-2010**. Progress in Polymer Science, n. 37, p. 1552-1596, 2012.

KOZLOWSKI, R.; RAWLUK, M.; BARRIGA, J.; **State of The Art-Production, Processing and Applications of Fibrous Plants**. In: Sivam RL, Araújo RC, editors. 2nd international conference on textile engineering (SINTEX-2004) Proceedings, September 7–11; Natal, in CD-ROM, Paper No.TIP-1-007. 2004.

KUWAHARA, M. **Compósitos de Poliéster Reforçados por Fibras de Bambu e Sisal: Características Mecânicas e Aspectos Fractográficos**. 2014. 93f. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal do Pará, 2014.

LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006.

MONTEIRO, S.N.; AQUINO, R.C.M.P.; LOPES, F.P.D.; D'ALMEIDA, J.R.M. **Tenacidade ao Entalhe por Impacto Charpy de Compósitos de Poliéster Reforçados com Fibras de Piaçava**. Matéria vol.11 no. 3. Rio de Janeiro – RJ. July / Sept. 2006.

RIBEIRO, M. M. **Comportamento em Tração/flexão e Aspecto Fractográfico de Matriz Poliéster com Pó de Aerosil e de Madeira com a Inclusão de Fibras Curtas de sisal e Juta**. 2015.198f. Dissertação (mestrado em engenharia mecânica). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal do Pará, 2015.

RODRIGUES, J. S. **Comportamento Mecânico de Material Compósito de Matriz Poliéster Reforçado por Sistema Híbrido Fibras Naturais e Resíduos da Indústria Madeireira**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Mestrado em Engenharia Mecânica, Belém, 2008.

SILVA, R. V. **Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais**. 2003. 157 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2003.

WAMBUA, P.; VANGRIMDE, B.; LOMOV, S.; & VERPOEST, I. **The Response of Natural Fibre Composites to Ballistic by Fragment Simulating Projectiles**. Composite structures. 77, 232-240, (2007).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço carbono 1, 2, 3, 5, 6
Aluminatos 82, 84, 90, 91, 92, 93, 94, 95
Ângulo de contato 27, 28, 32, 33
Ângulo de deslizamento 27, 28, 33
Autolimpeza 27, 28, 29, 33, 34

B

Biocerâmicas 71, 74
Biomateriais 71, 72, 73, 122, 125, 130, 131

C

Carbono poroso 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129
Cobre 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 119, 121, 125
Compósitos poliméricos 37, 38, 39, 40, 44, 47
Corrosão 1, 2, 6, 7, 9, 11, 20, 21, 22, 26, 28, 125, 138, 148
Cultivo 116

D

Descorantes 104
Dureza 10, 11, 13, 15, 16, 17, 26, 66

E

Eletrodo 122, 123, 124, 127, 137
Eletrofiiação 49
Estrôncio 82, 83, 84, 85, 87, 89, 90, 91, 94, 95

F

Fertilizantes 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117
Fibras de timbó-açu 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

I

Intensificação de processos 49

L

Latão 10, 11, 12, 13, 18
Liga de alumínio 27, 28, 29, 31, 32, 34

Luminescência 82, 83, 95

M

Microestrutura 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 67, 68

Morfologia 28, 29, 30, 31, 32, 34, 47, 74, 92, 98, 136

N

Nióbio 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26

O

OTFT 136, 137, 138

P

Paligorskita 97, 98, 101, 102, 103

PBTTT-C14 136, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

PCI 49

Pechini 71, 72, 74, 79, 80, 84

Pó de despoejamento 62, 63, 64, 69, 70

Porosidade 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 100, 123

Processo de fabricação 3, 19

Propriedades 11, 13, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 37, 38, 39, 43, 62, 63, 64, 66, 68, 69, 71, 73, 79, 84, 89, 95, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 107, 109, 112, 113, 117, 124, 130, 146

R

Remineralizantes 107

Roadmap 49, 51, 52, 53, 54, 59, 60, 61

Rochas 73, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116

S

Sensores 135, 136, 137, 139, 140, 145

Silicatos 96, 98

Síntese 25, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 87, 89, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 105, 122, 125, 126, 127, 128, 129, 131

Solidificação 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 109

Sorção 97, 98

Supercapacitores 122, 123, 124, 131

Super-hidrofobicidade 27, 28, 29, 32, 33, 34

T

Terraços 136, 140, 141, 145

Terras-raras 82, 83

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 