

# 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 Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

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

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

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

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

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
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 Andreza 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](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

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**

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

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

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 07/11/2020

### Wagner Daniel Oliveira de Araújo

Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/2379122159172207>

### Rafael Gleymir Casanova da Silva

Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/5856039123388319>

### Maria Isabel Collasius Malta

Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/7427255516158352>

### Magda Rosângela Santos Vieira

Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/5295831751697130>

### Severino Leopoldino Urtiga Filho

Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/4668070841633275>

**RESUMO:** Superfícies super-hidrofóbicas são caracterizadas por apresentarem ângulo de contato (AC) maior que  $150^\circ$ , fazendo com que uma gota de água role e não molhe a superfície. Este fenômeno também está presente nas superfícies de muitos animais e plantas, promovendo repelência à água e a propriedade de autolimpeza. Uma superfície é considerada

autolimpante quando o ângulo de deslizamento da gota (AD) no substrato for inferior a  $10^\circ$ . Com isso, as sujidades existentes na superfície são removidas conforme a gota rola pelo substrato. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do processo adotado para fabricação de um revestimento super-hidrofóbico e caracterizar as superfícies obtidas. O revestimento foi desenvolvido em liga de alumínio 5052, através de ataque químico com HCl (2M) e tratamento com nitrato de zinco em meio alcalino, seguido de imersão em solução etanoica de ácido esteárico à 1% m/V. A caracterização da superfície foi realizada por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e pela medição do AC e AD. A metodologia aplicada resultou em revestimentos com valores médios de  $151,44^\circ$  e  $8,66^\circ$  para o AC e AD, respectivamente. Com isso, as superfícies obtidas podem ser classificadas como super-hidrofóbicas e autolimpantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Super-hidrofobicidade, autolimpeza, liga de alumínio 5052, ângulo de contato, ângulo de deslizamento.

### FABRICATION OF SUPERHYDROPHOBIC COATING ON 5052 ALUMINUM ALLOY AND EVALUATION OF SELF-CLEANING PROPERTY

**ABSTRACT:** Superhydrophobic surfaces are characterized by a contact angle (CA) greater than  $150^\circ$ , enabling the drop to easily roll off and thus keeping the surface dry. This phenomenon is also present on the surfaces of many animals and plants, promoting water repellency and self-cleaning property. A surface is considered self-cleaning when the sliding angle of the drop (SA)

on the substrate is less than  $10^\circ$ . As a result, the dirt on the surface is removed as the drop rolls over the substrate. The present work aimed to evaluate the efficiency of the process adopted for the fabrication of a super-hydrophobic coating and to characterize the obtained surfaces. The coating was developed on 5052 aluminum alloy, through chemical attack with HCl (2M) and treatment with zinc nitrate in alkaline medium, followed by immersion in 1% w/v stearic acid ethanol solution. The surface characterization was carried out by scanning electron microscopy (SEM) and by CA and SA measurements. The applied methodology resulted in coatings with average values of  $151,44^\circ$  and  $8,66^\circ$  for CA and SA, respectively. Thus, the surfaces obtained can be classified as super-hydrophobic and self-cleaning.

**KEYWORDS:** Superhydrophobicity, self-cleaning, 5052 Aluminum alloy, contact angle, sliding angle.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em razão de suas diversas propriedades de interesse industrial, o alumínio (Al) e suas ligas têm assumido uma importante posição entre os materiais de engenharia. Além de ser facilmente encontrado e reciclado, o alumínio apresenta características importantes como boa conformabilidade, baixa densidade e resistência à corrosão. Em setores como a indústria naval, aeronáutica, automobilística e petróleo e gás o uso desse metal na construção de peças, máquinas e tubulações tem sido crescente (Jiang et al, 2016, Li et al., 2015, Lv et al., 2015).

Contudo, em ambientes agressivos, a camada de óxido protetora que se forma nas ligas de Al fica suscetível à formação de pites, impactando na integridade e aplicação desse material e podendo resultar em elevados custos econômicos e sociais (Kumar; Gogoi, 2018, Mohamed et al., 2014, Zhang; Lv et al., 2015).

Superfícies super-hidrofóbicas apresentam alta repelência à água, fazendo com que as gotas de água deslizem facilmente sobre a superfície. Esse comportamento é obtido através da combinação e sinergia de funções entre estrutura, morfologia e propriedades físicas e químicas. Dessa forma, a associação entre rugosidade nano/micrométrica e baixa energia de superfície resulta em um material com características super-hidrofóbicas e autolimpantes (Buschan, 2012, Jiang et al., 2016).

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver revestimentos super-hidrofóbicos em liga de alumínio 5052 e avaliar a propriedade de autolimpeza. A super-hidrofobicidade foi obtida por meio de modificação superficial em três etapas: ataque ácido; tratamento com nitrato de zinco em solução alcalina e deposição de agente redutor de energia de superfície. Foram realizadas medições de ângulo de contato e de deslizamento, assim como a caracterização da morfologia superficial através da técnica de MEV. A autolimpeza também foi caracterizada através de imagens obtidas ao despejar gotas de água na superfície contendo particulados de areia. Os revestimentos desenvolvidos apresentaram excelentes resultados com ângulo de contato médio de  $151,44^\circ$  e ângulo de deslizamento médio equivalente a  $8,66^\circ$ , atestando a obtenção da super-hidrofobicidade e autolimpeza.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A super-hidrofobicidade e autolimpeza são propriedades já conhecidas na natureza e que se apresentam especialmente nas superfícies de diversos insetos e plantas. Também conhecido como efeito Lótus, esse fenômeno vem sendo estudado há muitas décadas devido ao seu potencial em aplicações tecnológicas, como por exemplo, revestimento anticorrosivo (Li *et al.*, 2015, Syafiq *et al.*, 2018, Zhang *et al.*, 2008,).

Para que as propriedades de super-hidrofobicidade e de autolimpeza sejam alcançadas é preciso que o material apresente respectivamente AC maior que  $150^\circ$  e AD menor que  $10^\circ$ . Materiais com esses valores de AC e AD apresentam, além de alta repelência à água, outras propriedades relevantes como de anticongelamento, anticorrosão e separação óleo-água (Satapathy *et al.*, 2018, Xue *et al.*, 2018, Yu *et al.*, 2018).

A presença de poeira e sujidades na superfície dos materiais pode afetar a funcionalidade de diversas propriedades como as ópticas, o coeficiente de atrito, a condutividade elétrica e a integridade mecânica, limitando assim o funcionamento de diversos equipamentos. Por exemplo, a eficiência de lentes e painéis solares ou ainda, o comportamento elétrico de condutores e semicondutores podem ser diretamente afetados pela presença de partículas na superfície. Além disso, a autolimpeza diminui significativamente a degradação de diversos materiais expostos a ambientes naturais ou industriais (Jiang *et al.*, 2016, Carmona-Quiroga *et al.*, 2018, Syafiq *et al.*, 2018). Em razão de sua multifuncionalidade, o comportamento de autolimpeza em superfícies pode ter extensa e concreta aplicação em diversos setores tecnológicos e industriais.

Tendo a morfologia topográfica da superfície influência direta sobre o caráter super-hidrofóbico do material, os modelos de Wenzel e Cassie-Baxter buscam exemplificar esta relação através do comportamento das gotas de água em superfícies super-hidrofóbicas e autolimpantes. No modelo de Wenzel a água penetra nas regiões internas da superfície rugosa, de forma que a aderência com a superfície é mantida. Já no modelo de Cassie-Baxter, o ar dentro das cavidades da superfície com topografia rugosa impede que a penetração da água nesses espaços, impedindo a aderência do líquido na superfície (Bhuschan, 2012, Zhang e Lv, 2015). A autolimpeza é observada através da remoção das partículas de sujeira pela gota de água, quando a mesma rola deslizando sobre a superfície. As partículas de sujeira ficam presas na gota e são levadas juntamente para fora da superfície (Cully *et al.*, 2018, Maurer, Miller, Bartolluci, 2018, Zhang *et al.*, 2017).

## 3 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O substrato metálico de estudo foi a liga de alumínio 5052 com dimensões de (20x20x1,5) mm, como ilustrado na Figura 1. Os corpos de prova passaram pelo lixamento em lixas de água na granulometria de #320, #600 e #1200. Após a etapa de preparação da superfície, todas as amostras foram limpas em banho ultrassônico com álcool isopropílico

seguido por acetona, por 5 minutos. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar quente por 3 minutos.

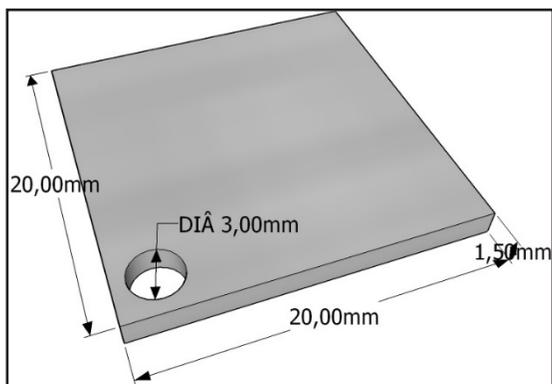


Figura 1: ilustração dos corpos de prova utilizados.

Após o processo de limpeza, os corpos de prova foram imersos em solução de HCl (2M) por 20 minutos. Em seguida, foram lavadas em ultrassom com água destilada e acetona por 3 minutos, suscetivamente. Posteriormente, os corpos de prova foram imersos em solução de nitrato de zinco hexahidratado com hidróxido de amônio por 180 minutos, a 70°C. As amostras foram novamente lavadas em água destilada e submetidas à secagem ao ar ambiente. Para obtenção da superfície super-hidrofóbica, os corpos de prova foram imersos em solução etanólica de ácido esteárico (1% m/V) por 90 minutos à temperatura ambiente. Por fim, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 80°C, por 120 min.

A morfologia das superfícies foi analisada por Microscópio Eletrônico de Varredura (Hitachi TM 3000). Os ângulos de contato e de deslizamento foram determinados por meio do tensiômetro óptico (Biolin scientific attension), a partir de imagens obtidas pelo software OneAttension 3.0. Para essas medidas, utilizou-se uma gota de água destilada vertida sobre a superfície do material à temperatura ambiente, com volume de 10 $\mu$ l. Para determinação do valor dos ângulos de contato e de inclinação foi adotado o valor médio de 4 medidas em diferentes localizações da amostra.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta as imagens de MEV com aumento de 500x da morfologia da superfície inicial e após ataque ácido com HCl (2M).

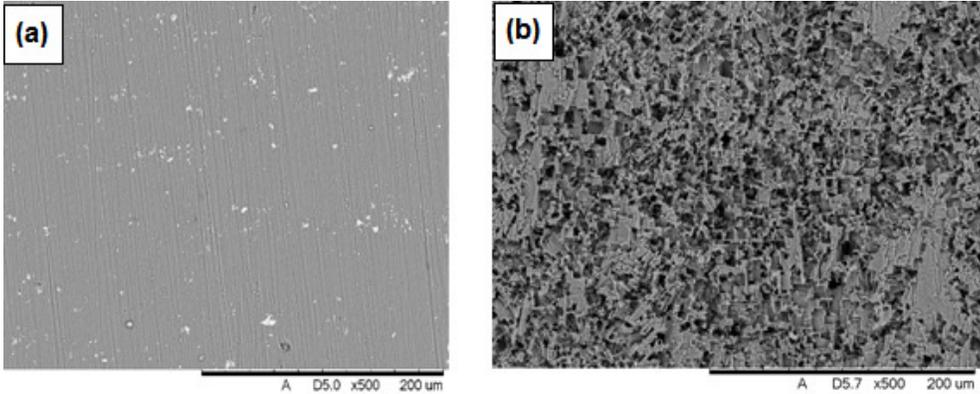
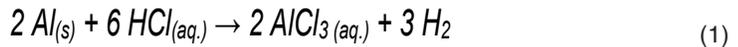


Figura 2: morfologia da superfície. (a) lixada; (b) após ataque ácido.

Na Figura 2 (a) é possível observar marcas na direção vertical decorrentes do processo de lixamento final na granulometria de #1200, utilizado para uniformizar a superfície e obter uma rugosidade superficial. Na Figura 2 (b), verifica-se uma superfície modificada após os 20 minutos de ataque ácido, com presença de rugosidade representada pelas escavações em microescala devido a dissolução do alumínio em meio ácido, que pode ser representada pela Eq. 1.



A Figura 3 apresenta as imagens de MEV com aumento de 2500x da superfície após procedimento de modificação química com nitrato de zinco em meio alcalino (a) e tratamento com ácido esteárico (b), respectivamente.

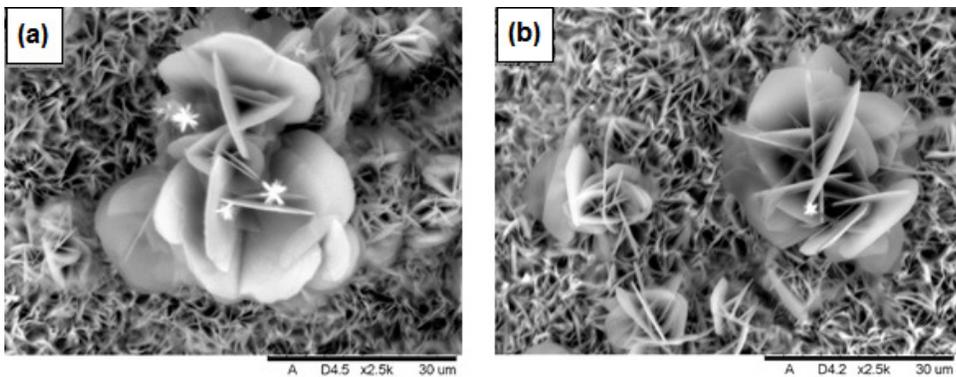


Figura 3: superfície da liga de alumínio 5052. (a) após tratamento com nitrato de zinco na presença de amônia; (b) após tratamento com ácido esteárico (1%).

Na Figura 3 (a) e (b) é possível observar no substrato a presença de uma camada de revestimento poroso com morfologia de flores de tamanho micrométrico e plaquetas distribuídas ao longo da superfície, com espessura nanométrica de parede. Morfologia semelhante foi obtida por Guo, Wang e Wang (2011) e Zhang *et al.* (2012), que associaram esses depósitos à formação de óxido de zinco e camadas lamelares de hidrotalcita, cuja estrutura é representada por  $Zn_{1-x}Al_x(OH)_2 \cdot (NO_3)_x \cdot yH_2O$ , sendo formados a partir da reação do nitrato de zinco na presença de hidróxido de amônio.

As hidrotalcitas são utilizadas como materiais adsorventes e para aumentar a área superficial (Caratón, 2011). Portanto, para efeito de super-hidrofobicidade, o depósito de hidrotalcita sobre o substrato prepara a superfície para interação com o agente redutor de energia de superfície, efetuada na etapa seguinte.

O grupamento polar do ácido esteárico (grupo carboxila) interage com a superfície modificada com nitrato de zinco e a cadeia carbônica, de caráter hidrofóbico, se direciona de forma oposta para fora da superfície. Deste modo, ocasiona-se uma redução da energia de superfície e repelência à água conforme pode ser observado na figura a seguir pela medição do ângulo de contato (Zhang *et al.*, 2008). A Figura 4 mostra a evolução e os resultados do ângulo de contato obtidos após processo de modificação química da superfície com ácido esteárico.

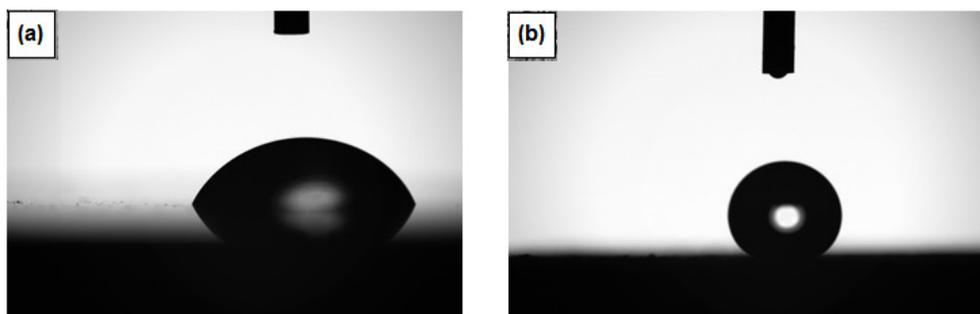


Figura 4. Medição do ângulo de contato da superfície da liga de alumínio 5052 (a) lixada; (b) após modificação química com ácido esteárico.

O valor médio obtido de ângulo de contato de  $70,67^\circ$ , para a liga de alumínio 5052 lixada, classifica a superfície como hidrofílica. Após todo o processo de modificação química da superfície, o valor encontrado para AC de  $151,44^\circ$ , caracteriza a superfície como super-hidrofóbica.

Li *et al.* (2015) fabricaram superfícies super-hidrofóbicas com ângulo de contato de  $153^\circ$  a partir do ataque ácido com HCl (4M) para obtenção da rugosidade superficial e da utilização de silano como agente redutor de energia de superfície. Os silanos atuam como agentes redutores de energia de superfície de forma eficiente, contudo, o seu custo é muito

superior ao do ácido esteárico, composto investigado no presente estudo, reafirmando a relevância dos resultados obtidos.

A Figura 5 apresenta a variação percentual da massa após as etapas de ataque ácido com HCl (2M) e de modificação química com ácido esteárico, respectivamente.

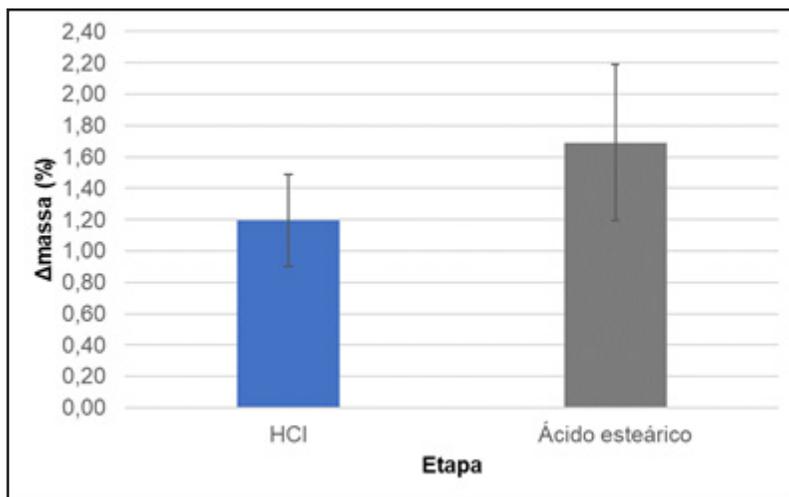


Figura 5: Variação percentual da massa perdida e ganha após as respectivas etapas de ataque ácido e de modificação química com ácido esteárico.

Os corpos de prova apresentaram inicialmente massa média de 3,0396g. Após as etapas de ataque ácido e de modificação química com ácido esteárico, a massa média foi alterada para 3,0020 g e 3,0492g, respectivamente. Logo, a massa média depositada na superfície do substrato de hidrotalcita mais ácido esteárico foi de 0,047g.

O baixo valor percentual de perda de massa de 1,19% após ataque ácido foi satisfatório para aplicação industrial, uma vez que valores elevados ocasionam perda econômica, proveniente do desperdício de material.

Para a avaliação da propriedade de autolimpeza, foi realizado a medição do ângulo de deslizamento (AD) após confirmação do comportamento de super-hidrofobicidade com a modificação química da superfície com ácido esteárico. O valor de AD obtido foi de  $8,66^\circ \pm 2,12$ , o que classifica a superfície como autolimpante, visto que o valor médio de AD foi inferior a  $10^\circ$ .

O presente trabalho obteve resultados superiores ao de Zhi *et al.* (2017), que fabricaram superfícies super-hidrofóbicas em substratos de alumínio jateados com partículas de areia, revestidos com ácido esteárico. Os pesquisadores relataram valores médios de  $150^\circ$  e  $9^\circ$  para o ângulo de contato e ângulo de deslizamento, respectivamente.

A Figura 6 apresenta uma sequência de imagens ilustrando o efeito de autolimpeza

da superfície super-hidrofóbica desenvolvida, partindo de uma condição inicial da superfície coberta por areia. Conforme gotejou-se água destilada, observou-se o rolamento das gotas de água pela superfície com conseqüente remoção das sujidades. A amostra permaneceu seca durante todo o procedimento de limpeza.

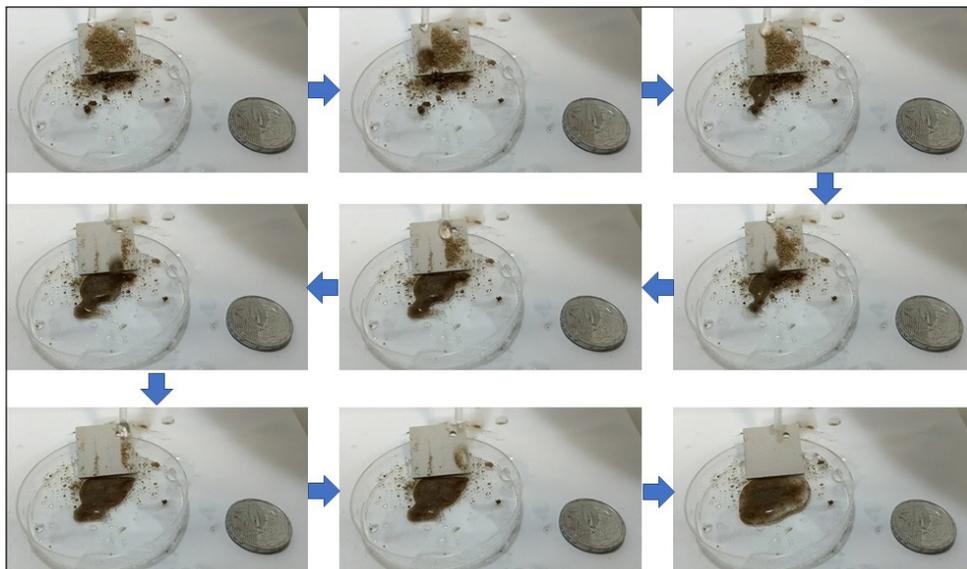


Figura 6: Sequência de imagens ilustrando o efeito de autolimpeza da superfície super-hidrofóbica desenvolvida.

## 5 | CONCLUSÕES

Através da metodologia aplicada foi possível obter revestimentos super-hidrofóbicos com propriedade de autolimpeza nas amostras de liga de alumínio 5052. Foram obtidos os valores médios de  $151,44^\circ$  e de  $8,66^\circ$  para os ângulos de contato e de deslizamento, respectivamente. Nas imagens de MEV, foi possível observar escavações em microescala geradas pelo ataque ácido por 20 minutos com HCl (2M). Também observou-se estruturas micrométricas com morfologia de flores e plaquetas nanométricas distribuídas ao longo da superfície. Essas estruturas micro-nanométricas foram associadas ao depósito de óxido de zinco e camadas lamelares de hidrotalcita, configurando uma estrutura hierárquica que favoreceu a obtenção do fenômeno de super-hidrofobicidade. O baixo valor percentual de perda de massa de 1,19% após ataque ácido foi satisfatório para aplicação industrial, pois valores elevados ocasionariam perda econômica significativa, proveniente do desperdício de material.

## REFERÊNCIAS

BHUSHAN, B., Bionspired structured surfaces. *Langmuir*, [s.l.], v. 28, n. 3, p. 1698-1714, 2012.

CARATÓN, A.R.G., **Desenvolvimento de hidrotalcitas de Ni-Mg-Al como precursores na formação de óxidos mistos e suas aplicações em processos catalíticos de reforma de metano com CO<sub>2</sub>**. Dissertação. 87 f. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

CARMONA-QUIROGA, P.M.; MARTÍNEZ-RAMÍREZ, S.; VILES, H.A., Efficiency and durability of a self-cleaning coating on concrete and stones under both natural and artificial ageing trials. *Applied Surface Science*, [s.l.], v. 433, p. 312-320, 2018.

CULLY, P.; KARASU, F.; MÜLLER, L.; JUAZEIN, T.; LETERRIER, Y., Self-cleaning and wear-resistant polymer nanocomposite surfaces. *Surface and Coatings Technology*, [s.l.], v.348, p. 111-120, 2018.

GUO, Y; WANG, Q; WANG, T., Facile fabrication of superhydrophobic surface with micro/nanoscale binary structures on aluminum substrate. *Applied Surface Science*, [s.l.], v. 257, n. 13, p. 5831-5836, 2011.

JIANG, D.; WEI, Z.; CHEN, J.; GUO, X.; YIN, L., Facile one-step chemical deposition process to fabricate superhydrophobic porous Cu films on Al alloy surface. *Materials Research Innovations*, [s.l.], v. 22, p. 168-176, 2018.

KUMAR, A.; GOGOI, B., Development of durable self-cleaning superhydrophobic coatings for aluminum surfaces via chemical etching method. *Tribology international*, [s.l.], v. 122, p. 114-118, 2018.

LI, X.W.; ZHANG, Q.X.; GUO, Z.; YU, J.G.; TANG, M.K.; HUANG, X.J., Low-cost and large-scale fabrication of a superhydrophobic 5052 aluminum alloy surface with enhanced corrosion resistance. *RSC. Adv.*, [s.l.], v. 5, p. 29639-29646, 2015.

LV, D.; OU, J.; XUE, M.; WANG, F., Stability and corrosion resistance of superhydrophobic surface on oxidized aluminum in NaCl aqueous solution. *Applied surface science*, [s.l.], v. 333, p. 163-196, 2015.

MAURER, J.A.; MILLER, M. J.; BARTOLLUCI, S. F., Self-cleaning superhydrophobic nanocomposite surfaces generated by laser pulse heating. *Journal of colloid and interfaces science*, [s.l.], v. 524, p. 204-208, 2018.

MOHAMED, A.M.A.; ABDULLAH, A.M.; YOUNAN, N.A., Corrosion behavior of superhydrophobic surfaces: A review. *Arabian journal of chemistry*, [s.l.], v. 8, p. 749-765, 2015.

SATAPATHY, M.; VARSHNEY, P.; NANDA, D.; MOHAPATRA, S.S.; BEHERA, A.; KUMAR, A., Fabrication of durable porous and non-porous superhydrophobic LLDPE/SiO<sub>2</sub> nanoparticles coatings with excellent self-cleaning property. *Surface and coatings technology*, [s.l.], v. 341, p. 31-39, 2018.

SYAFIQ, A.; PANDEY, A.K.; ADZMAN, N.N.; RAHIM, N.A., Advances in approaches and methods for self-cleaning of solar photovoltaic panels. *Solar energy*, [s.l.], v. 162, p. 597-619, 2018.

XUE, X.; YANG, Z.; LI, Y.; SUN, P.; FENG, Y.; HE, Z.; QU, T.; DAI, J.-G.; ZHANG, T.; QIN, J.; XU, L.; ZHANG, W., Superhydrophobic self-cleaning solar reflective orange-gray paint coating. *Solar energy materials and solar cells*, [s.l.], v.174, p. 292-299, 2018.

YU, N.; XIAO, X.; YE, Z.; PAN, G. Facile preparation of durable superhydrophobic coating with self-cleaning property. **Surface and coatings technology**, [s.l.], v.347, p. 199-208, 2018.

ZHANG, P; LV, F.Y., A review of the recent advantages in superhydrophobic surfaces and the emerging energy-related applications. **Energy**, [s.l.], v. 82, p. 1068-1087, 2015.

ZHANG, X.; SHI, F.; NIU, J.; JIANG, Y.; WANG, Z., Superhydrophobic surfaces: from structural control to functional application. **J. Mater. Chem.**, [s.l.], v. 18, p. 621-633, 2008.

ZHANG, X.; ZHANG, P.; WU, Z.; ZHANG, Z., Facile fabrication of stable superhydrophobic films on aluminum substrates. **Journal of Materials Science**, [s.l.], v. 47, p. 2757-2762, 2012.

ZHI, J-H.; ZHANG, L-Z.; YAN, Y.; ZHU, J., Mechanical durability of superhydrophobic surfaces: the role of surface modification technologies. **Applied Surface Science**, [s.l.], v. 392, p. 289-296, 2017.

## 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](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) 

# Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

[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) 