

# 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 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 Cremo  
**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>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>119</b>
A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO RENDIMENTO EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS – REVISÃO	
Gustavo Neves Margarido	
Federico Bernardino Morante Trigoso	
Carlos Frajuca	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>122</b>
BIOMATERIAIS COMO PRECURSORES DE CARBONOS POROSOS ATIVADOS PARA APLICAÇÃO EM SUPERCAPACITORES – REVISÃO	
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>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190114</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>148</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>149</b>

# CAPÍTULO 10

## ESTUDO DA ÁREA SUPERFICIAL DA PALIGORSKITA: REVISÃO

Data de aceite: 04/01/2021

### **Gilsiane Costa Spíndola**

Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais-  
Campus Teresina Central  
<http://lattes.cnpq.br/8342491677877030>

### **Érico Rodrigues Gomes**

Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais-  
Campus Teresina Central  
<http://lattes.cnpq.br/7804518918824528>

### **Gilvan Moreira da Paz**

Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais-  
Campus Teresina Central  
<http://lattes.cnpq.br/2445265199339536>

### **Jaciel Cleison Pereira dos Santos**

Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais-  
Campus Teresina Central  
<http://lattes.cnpq.br/8217085090208882>

### **Herivelton de Araujo Rodrigues**

Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais-  
Campus Teresina Central  
<http://lattes.cnpq.br/2582941392153338>

**RESUMO:** A argila paligorskita, sob o enfoque de sua área superficial específica (ASE), é de grande importância para pesquisa científica por possibilitar diversas aplicações industriais, dentre as quais destacam-se: fluídos para perfuração

de poços petrolíferos, carreadores de fármacos, purificação de água, adsorventes de graxas, óleos e contaminantes de metais pesados, entre outros. A pesquisa consistiu em um levantamento bibliográfico de trabalhos científicos, como artigos e teses publicados entre 2002 e 2019 e fez-se uso de descritores e combinações de palavras como: *atapulgitite surface área*, “aplicações da paligorskita”, “propriedades da atapulgitite”. Foram encontrados 31 trabalhos científicos, sendo 20 artigos e 11 dissertações e teses. Os resultados abordam o uso dessa argila na síntese de novos materiais, bem como na composição de meios filtrantes de efluentes industrial ou doméstico, embalagens biodegradáveis, géis de PVA, etc. A paligorskita é bastante utilizada por ter uma estrutura com elevada área superficial ( $125 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$  a  $250 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$ ), alta capacidade de sorção e considerável poder descorante. Sua estrutura morfológica fibrosa possibilita a associação com outras substâncias, favorecendo a obtenção de melhores resultados quando sua área superficial é explorada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Paligorskita, área superficial, sorção, descorante.

### STUDIES ON THE SURFACE AREA OF PLYGORSKITE: A REVIEW

**ABSTRACT:** The focus on the Specific Surface Area (SSA) of palygorskite clay is of great importance to scientific research for making many industrial applications possible, among them we highlight: fluids for oil well drilling, drug carriers, water purification, adsorbent of greases, oils and heavy metal contaminants, among others. The research consisted in a bibliographical review of

scientific works such as papers and theses published between 2002 and 2019 and we made use of descriptors and word combinations such as: attapulgite surface area, palygorskite applications and attapulgite properties. A total of 31 scientific works were found, 20 papers and 11 theses and dissertations in total. The results approach the use of this clay in the synthesis of new materials as well as in the composition of domestic and industrial filtrating and effluent means, biodegradable packages, PVA gels etc. Palygorskite is much used because it has a structure with high surface area ( $125\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  a  $250\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ ), high sorption capacity and considerable bleaching power. Its fibrous morphological structure makes association with other substances possible, favoring the achievement of best results when its surface area is exploited.

**KEYWORDS:** Palygorskite, Surface área, Sorption, Bleaching.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os argilominerais são silicatos de extrema importância do ponto de vista ambiental, tecnológico e acadêmico. Dentre estes, a paligorskita se destaca por possuir uma estrutura peculiar com morfologia fibrosa e espaços ociosos na forma de canais. A existência de microporos e canais na sua estrutura, bem como a forma alongada das partículas e a granulometria fina, conferem-na altas superfícies específicas e capacidade de sorção, despertando um grande interesse comercial para uma série de aplicações industriais. [15]

Estudos desenvolvidos com a paligorskita tem despertado atenção no mundo acadêmico e científico. Desde 1985 o Centro de Tecnologia Mineral - CETEM em parceria com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração (ANM), desenvolve pesquisas com este bem mineral encontrado no município de Guadalupe, Piauí. Os estudos foram direcionados no intuito de certificarem o seu potencial como fluido de perfuração em poços petrolíferos e também como descorante de óleos vegetais e minerais, tendo apresentado resultados satisfatórios. [3]

Ocorre, quase que exclusivamente, em solos das zonas áridas e semi-áridas do mundo, sendo que no Brasil, as principais minas e jazidas estão localizados em Guadalupe-PI. [1]

As características que destacam a paligorskita estão relacionadas a: alta superfície específica (geralmente entre  $125\text{m}^2/\text{g}$  e  $210\text{m}^2/\text{g}$ ); alta capacidade de sorção (sendo considerada “terra fuller”); considerável poder descorante; inércia química e; manutenção das propriedades tixotrópicas na presença de eletrólitos.

Quando colocada em água, a atapulgita (paligorskita) não expande como a bentonita, mas pode ser dispersa por agitação vigorosa, desfazendo os feixes de cristais. As suspensões estáveis resultam da sua macroestrutura, repleta de vazios, que aprisiona água e da grande área superficial disponível. Apresentam pouca substituição isomórfica geradora de carga, resultando em baixa carga superficial, diferentemente das bentonitas. Dessa forma, as propriedades reológicas de suas suspensões são mais dependentes da interação mecânica entre as longas ripas do que das forças eletrostáticas entre as

partículas, tornando-a um excelente agente de suspensão para uso em água salgada. [3]

Este mineral argiloso na sua forma *in natura* possui propriedades bastante favoráveis a serem exploradas. Porém, existem processos químicos e/ou tratamentos que melhoram a eficiência de suas propriedades. Geralmente, contêm materiais e minerais, tais como matéria orgânica, partículas de quartzo, mica, calcita, dolomita e impurezas nos canais estrutura. [6] Com base na literatura processos químicos mais utilizados para a limpeza e remoção de impurezas de sua estrutura, porém cada um favorecendo desempenhos funcionais específicos encontrados são: organofilização, pilarização e ativação ácida.

Assim, como bem asseguram Vazzoler *et al.*, [19] as argilas organofílicas são aquelas que contêm moléculas orgânicas intercaladas entre as camadas estruturais. Descrevem que a intercalação de espécies orgânicas em argilas é uma forma de se construir conjuntos inorgânico-orgânicos com microestruturas únicas que são controladas por interações hospedeiro-hóspede e hóspede-hóspede.

A pilarização, segundo definição da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), por meio de relatório técnico apresentado por Schoonheyth *et al.*, (1999) citado por Sartor & Azevedo (2014) é definida como o processo em que um composto lamelar é transformado em um material micro e/ou mesoporoso termicamente estável, sem destruição da estrutura lamelar durante o processo. [16]

A ativação ácida é um processo que usa ácidos fortes, como HCl e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dissolvendo sais solúveis, reduzindo teores de ferro e alumínio na argila e removendo impurezas, como carbonatos. Para a limpeza desses canais é realizado o tratamento da argila, com a utilização de diferentes ácidos sob variadas temperaturas, resultando no aumento da área superficial da argila. [4]

As argilas modificadas são usadas em diversas aplicações tecnológicas, desde a formulação de tintas e graxas até a fabricação de sistemas de liberação controlada de fármacos [3]. Na figura 1 são apresentadas imagens ilustrativas das técnicas de ativação e as modificações sofridas pela estrutura da argila ao longo do tempo de ativação. A figura 1a mostra o processo de organofilização; em 1b, o processo de pilarização e na figura 1c, o processo de ativação ácida.

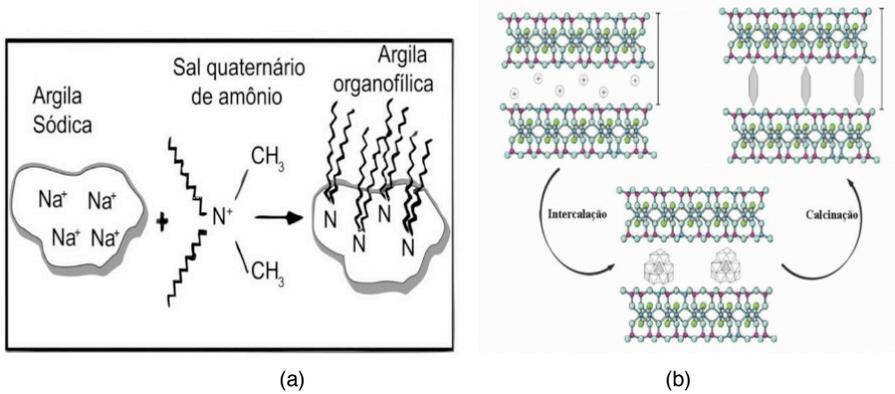


Figura 1- (a) Síntese da argila organofílica a partir da bentonita sódica. (b) Representação esquemática do processo de pilarização com polihidroxicatión de alumínio. Inicia com a troca iônica entre os cátions interlamelares da argila e o agente pilarizante, seguido de calcinação e formação dos pilares e da argila pilarizada, a qual é termicamente estável e apresenta porosidade (P) permanente. [8, 16]

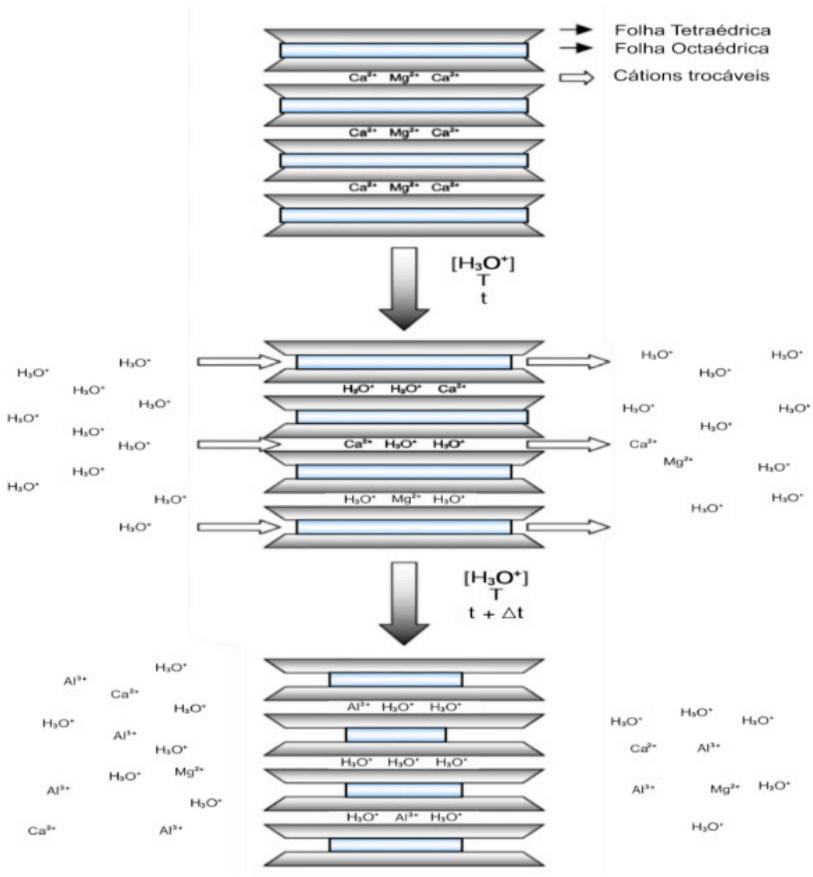


Figura 1c- Modificações estruturais na argila ácido-ativada. [12]

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa consiste em uma revisão da literatura referente às aplicações da paligorskita, especificamente o uso de sua área superficial com funcionalidades específicas em diversos campos científicos.

A coleta de dados teve início em março de 2019. Fez-se uso de alguns sites de busca, plataformas científicas e acadêmicas para criação de um acervo com artigos de publicações que datam desde 2002 à 2019, mostrando a evolução das pesquisas usando este argilomineral.

As plataformas usadas para banco de dados, foram: *scientific electronic library online (scielo)*, *science directive*, através do portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) em parceria com o IFPI além do Google Acadêmico. Na busca foi feita uma combinação de descritores (ou palavras chaves), que direcionaram a pesquisa e também uma exploração complementar da temática com uso de combinações das línguas portuguesa e inglesa como: “propriedades área superficial”, “*atapulgitite surface área*”, “aplicações da atapulgita”, “propriedades da paligorskita”.

Na primeira etapa foram encontrados 31 trabalhos acadêmicos, sendo 20 artigos e 11 dissertações e teses. Na etapa seguinte foi realizado um fichamento dos arquivos, seguido de leitura e seleção dos trabalhos baseado no objetivo do estudo em questão. E a partir de então, foram identificados os trabalhos acadêmicos mais recentes, do período de 2010 à 2019.

## 3 | RESULTADOS

Foram identificados os trabalhos acadêmicos que estudaram a área superficial específica da paligorskita e a descrição do tipo de modificação química a que foram submetidas. Este recorte correspondeu 18 estudos (58%) dentre as publicações que submeteram a paligorskita a algum tratamento químico (Tabela 1).

Os trabalhos são voltados para a caracterização, composições químicas e mineralógicas; síntese de novos materiais que atendam problemas socioambientais; soluções simples e de baixo custo como na área estética e cosmetologia, assim como na área de saúde.

Artigo/título	Caracterização/ Tratamento Químico	Referência
Tratamento de efluentes industriais mediante argila organofílica e carvão ativado nuclear.	Organofiliação	(WAEKENS, 2010) [11]
Caracterização da argila atapulgita natura e atapulgita tratada.	Ativação ácida/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	DOMINGOS et al., 2012

Caracterização mineralógica, morfológica e de superfície da atapulgita de Guadalupe-PI	Caracterização	AL et al., 2012
The Increase of Surface Area of a Brazilian Palygorskite Clay Activated with Sulfuric Acid Solutions Using a Factorial Design	Ativação ácida/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(OLIVEIRA et al., 2013) [12]
The effect of natural and organophilic palygorskite on skin wound healing in rat	Organofilização	(LUCIANO et al., 2014) [9]
Facile fabrication of carbon/atapulgitite composite for bleaching of palm oil	Carbono ativado associado à atapulgita	(TIAN et al., 2015) [14]
Avaliação da capacidade de adsorção da argila atapulgita <i>in natura</i> e organofílica na adsorção de óleos	Organofilização	BATISTA et al., 2015
Desenvolvimento de nanocompósitos de amido/Paligorskita modificada com íons de prata via casting contínuo	Modificação com íons de prata (Ag <sup>+</sup> )	(YANG et al., 2019) [22]
O uso de argilas atapulgita como dopante no desenvolvimento de diafragmas poliméricos para aplicação na produção eletrolítica de cloro-soda	Dopagem (PAL) em diafragmas Poliméricos	(VILAR; LIRA, 2019) [15]
Estudo do aumento da escala de organofilização de palygorskita para posterior adsorção de agrotóxico	Organofilização	(ASSIS, 2019) [2]
Estudo de remoção de óleo emulsionado em efluentes sintéticos utilizando a argila atapulgita como adsorvente.	Organofilização	(BATISTA; SILVA; SOUSA, 2016) [4]
Caracterização de atapulgita visando aplicação para reforço de materiais poliméricos.	Ativação ácida com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(COSTA, 2011) [5]
Síntese de argilas organofílicas e compósitos organocerâmicos aplicados à adsorção de orgânicos contaminantes.	Organofilização	(VAZZOLER, H.; VALENZUELA-DÍAZ, F.R.; VAZZOLER, 2014). [19]
Caracterização e viabilidade do uso de hidrogéis compósitos Poli (álcool vinílico) / Atapulgitite em sistemas de liberação de fármacos.	Ativação ácida com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(SANTANA, 2012) [14]
Beneficiamento de paligorskite de Figueiró de Campo por ativação ácida.	Ativação ácida com HCl	(MOURA; VELHO; ALVES, 2014) [10]
Aplicação de palygorskita na adsorção de glifosato em efluente aquoso.	Organofilização	(RODRIGUES, 2018) [13]
Estudo de ativação ácida da atapulgita do piauí para clarificação de óleo.	Ativação ácida	(GUEDES; BERTOLINO, 2013) [7]
Atapulgitite do piauí como adsorvente para remoção de compostos polares em óleo mineral “queimado”	Ativação ácida (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	(SILVA et al., 2011) [17]

Tabela 1 - Relação de trabalhos com Paligorskita modificada quimicamente

Um dos pontos norteadores desta pesquisa foi mostrar trabalhos que fizeram uso de tratamentos químicos na paligorskita para melhorar suas propriedades físicas e químicas,

potencializando suas mais variadas aplicações, uma vez que estes tratamentos tem a função de desobstruir os canais existentes na estrutura da argila, eliminando impurezas e matéria orgânica, elevando em até o dobro de sua área superficial, quando comparado com sua forma *in natura*. Fato identificado na Tabela 2, com base na literatura [4], na qual obteve-se um aumento de aproximadamente 171%.

AMOSTRA	ÁREA (m <sup>2</sup> /g)
Paligorskita Natural	129,83
Paligorskita após tratamento ácido	221,81

Tabela 2 - BET da paligorskita natural e após o tratamento ácido

Observa-se nas 18 publicações selecionadas Tabela 1, dentre os 31 trabalhos encontrados, que nestas foram realizadas modificações químicas na área superficial da paligorskita com objetivo de aumentar seu desempenho. A modificação química aumenta o leque de aplicações tecnológicas, pois altera suas propriedades físico-químicas, resultando na mudança superficial e interlamelar. Existem basicamente três tipos de modificações químicas comumente reportadas: organofilização, que torna as superfícies das lamelas hidrofóbicas e a pilarização, onde o ajuste da distância internuclear é feito pela intercalação de cátions inorgânicos de diferentes tamanhos [15]. A ativação ácida também melhora o desempenho ao utilizar ácidos fortes para limpeza de canais e expandir área de superfície e poros destes filossilicatos. Dentre estas a pilarização é usada como técnica complementar de tratamentos químicos principais, como a organofilização.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os argilominerais viabilizam para pesquisa científica um comportamento multifacetado, no que diz respeito às suas aplicações tecnológicas. A paligorskita com estrutura fibrosa, estrutura morfológica peculiar, propriedades variadas, material de fácil acesso, baixo custo e principalmente, área superficial considerável, variando entre 125 m<sup>2</sup>/g e 250 m<sup>2</sup>/g, formam um conjunto de fatores atrativos para pesquisas acadêmicas e científicas.

As modificações químicas (organofilização, pilarização e ativação ácida) possibilitam a modificação da área superficial da paligorskita.

A organofilização favorece a limpeza dos sítios e /ou canais através da mudança das cargas superficiais específica, positivo para negativo, substituindo cátions trocáveis nos espaços interlamelares, sendo caracterizada como substituição isomórfica.

A técnica de pilarização, além de aumentar área superficial da argila, favorece

também o distanciamento basal da área superficial.

Com a ativação ácida obtém-se uma matéria-prima com maior poder de adsorção como consequência do aumento de poros.

Estas modificações apresentam resultados significativos para aplicações em diversos fins tecnológicos como sorvente no controle de resíduos ambientais, carreadores de fármacos, filtradores de efluentes industriais e domésticos.

A evolução do resultado das pesquisas é visível a partir dos trabalhos aqui destacados, ao mostrar que a partir de 1985, os estudos pioneiros desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), foram restritos ao seu desempenho quanto a sua aplicabilidade como fluído em perfuração de petróleo e descorantes de óleo. No entanto, observa-se o quão importante esta argila se tornou ao passar a ser o objeto de estudo de muitas pesquisas científicas na busca por soluções de alguns problemas socioambientais. Destacam-se as aplicações como a função de adsorver efluentes domésticos e industriais ou funcionar como um material antibacteriano ao tratar-se da elaboração de embalagens ativas antimicrobianas que garantem a proteção do alimento contra patógenos, bem como no desenvolvimento de nanocompósitos submetendo-a modificação superficial pela adição de prata ( $Ag^+$ ), configurando a conhecida dopagem de metais.

## REFERÊNCIAS

[1] XAVIER, K. C. M. et al. **Caracterização mineralógica, morfológica e de superfície da atapulgita de Guadalupe-PI**. Holos, v. 5, p. 60-70, 2012.

[2] ASSIS, T. C.; BERTOLINO L. C.; RODRIGUES, P. V. **Estudo do aumento da escala de organofilização de palygorskita para posterior adsorção de agrotóxico**. In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 27. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019.

[3] LUZ, A. B.; BALTAR, C. A. M.; BALTAR, L. M.; OLIVEIRA, C. H.; BALTAR, L. M. **“Caracterização Mineralógica e Tecnológica de Atapulgitas do Piauí”**. Em: Luz, A.B.; Baltar, C.A.M.; Oliveria, C.H.; Baltar, L.M. Insumos Minerais para Perfuração de Poços de Petróleo, 1 ed, capítulo 5, Rio de Janeiro, CETEM, 2003.

[4] RAMOS, Í. B. M. et al. **Estudo de remoção de óleo utilizando as argilas vermiculita e atapulgita organofilizada**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande/PB, p. 1–7, 2016.

[5] COSTA, A. C. S. DA. **Caracterização de atapulgita visando aplicação para reforço de materiais poliméricos**. 2011.

[6] DOMINGOS, L. G. et al. **Caracterização da argila atapulgita natural e atapulgita tratada**. In: 56º Congresso Brasileiro, Curitiba/PR, p. 2904–2909, 2012.

[7] GUEDES, F.S.; BERTOLINO, L. C. **Estudo de ativação ácida da atapulgita do Piauí para uso na clarificação de óleos**. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 3., Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

[8] LEITE, I. F.; RAPOSO, C. M. O.; SILVA, S. M. L. **Caracterização estrutural de argilas bentoníticas nacional e importada: antes e após o processo de organofilização para utilização como nanocargas.** Cerâmica, v. 54, n. 331, p. 303-308, 2008.

[9] SILVA, M. L. de G. da et al. **The effect of natural and organophilic palygorskite on skin wound healing in rats.** Braz. J. Pharm. Sci., São Paulo, v. 49, n. 4, p. 729-736, 2013.

[10] A. Moura et al. **Beneficiação de palygorskite de Figueiró do Campo por ativação ácida.** In: IX Congresso Nacional de Geologia, v. 101, p. 817-820, Porto, 2014.

[11] OLIVEIRA, R. N. et al. **The increase of surface area of a Brazilian palygorskite clay activated with sulfuric acid solutions using a factorial design.** Materials Research, v. 16, n. 4, p. 924-928, 2013.

[12] PATRÍCIO, J.S. **Caracterização de argilas naturais e ativadas aplicadas na clarificação de óleo de soja.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 83, 2013.

[13] RODRIGUES, P.V. **Aplicação de Palygorskita na Adsorção de Glifosato em Efluente Aquoso.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; 2018.

[14] SANTANA, G. C. **Caracterização e viabilidade do uso de hidrogéis compósitos poli (álcool vinílico)/atapulgita em sistemas de liberação de fármaco.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, p. 78, 2012.

[15] SANTOS, K. A. DE O. **Obtenção de organovermiculitas utilizando tensoativos e microemulsões e suas aplicações na separação de isômeros do xileno.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química. Natal, RN, p. 150, 2014.

[16] SARTOR, L. R; AZEVEDO, A. C. de. **Pilarização de argilas e perspectivas de aplicação e de pesquisa agrônômica e ambiental.** Cienc. Rural, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1541-1548, 2014.

[17] SILVA, A. S. E. et al. **Atapulgita do Piauí como adsorvente para remoção de compostos polares em óleo mineral “queimado”.** In: 51º Congresso Brasileiro de Química, São Luís, MA, p. 20-21, 2011.

[18] TIAN, G. et al. **Facile fabrication of carbon/attapulgite composite for bleaching of palm oil.** Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 50, p. 252-258, 2015.

[19] VAZZOLER, H.; VALENZUELA-DÍAZ, F.R; VAZZOLER, F. D. **Síntese de argilas organofílicas e compósitos organocerâmicos aplicados à adsorção de orgânicos contaminates.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, 2014.

[20] NUNES, R. A. et al. **O uso de argilas atapulgitas como dopante no desenvolvimento de diafragmas poliméricos para aplicação na produção eletrolítica de cloro-soda.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 14, n. 2, 2019.

[21] WAELKENS, B. E., **Tratamento de efluentes industriais mediante a aplicação de argila organifílica e carvão ativado granular**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, p. 116, 2010.

[22] YANG, J. et al. **Desenvolvimento de nanocompósitos de amido/palygorskita modificada com íons de prata via casting contínuo**. Carbohydrate Polymers, v. 6, n. 1, p. 5–10, 2019.

## 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  
Eletrofiação 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) 