

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª 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 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

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

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

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

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

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

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

DOI 10.22533/at.ed.3142119011

CAPÍTULO 2..... 10

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

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

DOI 10.22533/at.ed.3142119012

CAPÍTULO 3..... 19

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

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

DOI 10.22533/at.ed.3142119013

CAPÍTULO 4..... 27

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

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

DOI 10.22533/at.ed.3142119014

CAPÍTULO 5..... 37

COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO E IMPACTO DE COMPÓSITOS DE

MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE TIMBÓ-AÇU

José Maria Braga Pinto
Douglas Santos Silva
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.3142119015

CAPÍTULO 6..... 49

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

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

DOI 10.22533/at.ed.3142119016

CAPÍTULO 7..... 62

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

Thayane Pereira da Silva
Elias Fagury Neto
Adriano Alves Rabelo

DOI 10.22533/at.ed.3142119017

CAPÍTULO 8..... 71

SÍNTESE DE CERÂMICAS BIFÁSICAS DE FOSFATOS DE CÁLCIO PELO MÉTODO PECHINI

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

DOI 10.22533/at.ed.3142119018

CAPÍTULO 9..... 82

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

Talyta Silva Prado
Paulo Neilson Marques dos Anjos

DOI 10.22533/at.ed.3142119019

CAPÍTULO 10..... 97

ESTUDO DA ÁREA SUPERFICIAL DA PALIGORSKITA: REVISÃO

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

DOI 10.22533/at.ed.31421190110

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

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

Data de aceite: 04/01/2021

Thayane Pereira da Silva

Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais
Marabá - Pará
<http://lattes.cnpq.br/1034026842508874>

Elias Fagury Neto

Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais
Marabá - Pará
<http://lattes.cnpq.br/3004502388905443>

Adriano Alves Rabelo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará, Faculdade de Engenharia de Materiais
Marabá - Pará
<http://lattes.cnpq.br/6564133385744551>

RESUMO: O setor siderúrgico gera e acumula uma diversidade de resíduos sólidos não reaproveitáveis, entre eles o pó de despoejamento da aciaria, proveniente de fornos elétricos a arco. Esse resíduo é avaliado por norma técnica da ABNT como resíduo perigoso, exigindo cuidados elementares na sua estocagem. Neste trabalho, avaliou-se a viabilidade do reaproveitamento do resíduo pó de despoejamento em misturas de argila para alvenaria cerâmica de vedação com adições de 5, 15 e 25 % em massa, submetendo corpos de prova prismáticos aos seguintes patamares de queima: 800, 850 e 900 °C, durante 2 horas. As propriedades tecnológicas, como absorção de água e porosidade aparente foram verificadas

através do método de Arquimedes e os corpos de prova foram submetidos a um processo de aceleração da formação de eflorescência, utilizando lixívia em água seguida de secagem após sete e quatorze dias, a qual foi quantificada através do software livre ImageJ. Para estes dois períodos de tempo foram caracterizados o módulo de elasticidade estática através da técnica de excitação por impulso, e em seguida determinando o módulo de ruptura à flexão em três pontos, correlacionando o teor do resíduo adicionado e temperaturas de sinterização. Pode-se concluir que a formação de eflorescências não afetou de forma significativa as propriedades mecânicas.

PALAVRAS-CHAVE: Pó de despoejamento, eflorescências, porosidade, alvenaria.

CERAMICS WITH ADDITION OF SOLID RESIDUE: EVALUATION OF MECHANICAL BEHAVIOR AFTER EFFLORESCENCE FORMATION

ABSTRACT: The steelworks sector generates and accumulates a diversity of non-reusable solid residues, among them the steelmaking dedusting powder, which comes from electric arc furnaces. This waste is assessed by ABNT's Brazilian technical standard as hazardous waste, requiring elementary care in its storage. In this work, the feasibility of reusing the dedusting powder residue in clay mixtures for sealing masonry with additions of 5, 15 and 25 wt% was evaluated, submitting prismatic specimens to the following burning levels: 800, 850 and 900 °C for 2 hours. Technological properties, such as

water absorption and apparent porosity, were verified using the Archimedes method and the specimens were subjected to an acceleration process of efflorescence formation, using a bleach method in water followed by drying after seven and fourteen days, which was quantified using the ImageJ free software. For these two periods of time, the static elastic modulus was characterized using the impulse excitation technique, and then determining the flexural rupture modulus at three points, correlating the content of the added residue and sintering temperatures. It can be concluded that the formation of efflorescences did not significantly affect the mechanical properties.

KEYWORDS: Dedusting powder, efflorescence, porosity, masonry.

1 | INTRODUÇÃO

Na preparação da matéria-prima para as indústrias de cerâmica vermelha são fundamentais a observação das características das argilas e o processamento adequado, controlando variáveis na conformação e manuseio a verde e os parâmetros de queima, para viabilizar produtos de qualidade, principalmente a etapa de secagem e uniformidade na queima, onde desenvolvem propriedades fundamentais para sua aplicação na construção civil.

A eflorescência constitui uma patologia frequente nos produtos cerâmicos tradicionais, causando normalmente manchas esbranquiçadas, cuja solução é particularmente difícil. Sua origem está associada a porosidade intrínseca e a natureza e distribuição de sais solúveis existentes no corpo cerâmico, tornando-os aptos a migrarem à superfície, resultando na forma de eflorescência mais clássica (FERREIRA e BERGMANN, 2007; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009). As eflorescências afetam diretamente a estética do material, favorecendo os problemas de insalubridade, além de acelerar de forma significativa a deterioração dos materiais de construção. De forma geral, materiais cerâmicos apresentam a tendência de formar, ao longo do tempo de uso, eflorescências que são depósitos salinos que se formam na superfície de materiais cerâmicos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.

O setor siderúrgico gera uma diversidade de resíduos sólidos e a produção de aço está obrigatoriamente vinculada à acumulação de uma grande quantidade de rejeitos. Dentre estes, o pó de despoeiramento, gerado em forno elétrico a arco, que pela ABNT NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) é classificado como resíduo perigoso, assim, não pode ser depositado em aterros comuns. No processo de produção de aço em aciaria elétrica, os pós podem ser classificados de duas formas, para fins de estratégias de reciclagem, de acordo com a quantidade de zinco: pós com altos teores de zinco quando acima de 15% de Zn e pós com baixos teores, quando o teor é na faixa inferior desta porcentagem. A disposição de resíduos em aterros, além de trazer ambientais, aumenta os custos do processo, devido ao transporte deste material

para locais cada vez mais distantes do ponto de geração e uma solução bastante utilizada é sua adição em massas cerâmicas (FERREIRA e BERGMANN, 2011). A inserção do pó de aciaria em cerâmicas pode favorecer a formação de eflorescências se houver sais solúveis em presença de umidade, que migram para a superfície por fenômeno de capilaridade, entretanto, o efeito pode ser minimizado utilizando-se a lavagem preliminar desse rejeito (COSTA, 2017). Neste trabalho, avaliou-se as propriedades mecânicas de cerâmicas com inserções do resíduo pó de despoejamento de aciaria em diferentes teores após a degradação devido a formação da eflorescência.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os teores dos elementos químicos presentes do resíduo siderúrgico pó de aciaria foram determinados por análise sem padrões (standardless) de elementos químicos de sódio a urânio, em espectrômetro por fluorescência de raios X, marca Panalytical, modelo Epsilon 3.

Utilizou-se argila plástica e o rejeito pó de despoejamento, oriundo da uma siderúrgica situada em Marabá/PA. As matérias-primas foram destorroadas e peneirados em malha de 100 *mesh*, homogeneizadas com adições 5, 15 e 25% m.do resíduo. Ajustou-se o teor de umidade para aproximadamente 10% e foram conformadas por prensagem uniaxial a 55 MPa, obtendo-se corpos de prova prismáticos de seção quadrada de aproximadamente 60 x 20 x 20 mm³, tendendo a cor acinzentada conforme o teor de resíduo adicionado, como ilustra a Figura 1.



Figura 1 – Coloração dos corpos de prova com diferentes teores de resíduo (%m.).

Para calcinação e sinterização foi utilizado um forno mufla Marconi, modelo MA 385/2. Na calcinação utilizou-se patamares intermediários de 150, 350 e 550 °C por 30 min, seguido da sinterização a 800, 850 e 900 °C por 2 h com taxa de aquecimento de 2 °C/min e resfriamento à taxa do forno.

Caracterizou-se retração linear de queima e, após saturação dos poros abertos dos corpos de prova submersos por 24 h em água destilada, a densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água utilizando-se o método de Arquimedes. Em seguida foram imersos verticalmente em recipientes com água destilada até aproximadamente 80% da altura, mantendo-se o nível de água ao longo do tempo, para provocar a formação de eflorescência, que foi acelerada com secagem em estufa a 110 °C por 24 h após dois ciclos de 7 dias, como apresentado na Figura 2. O ensaio de quantificação da área relativa de eflorescência formada foi realizado em duas etapas após a secagem final, trabalhando-se as imagens capturadas a uma distância padronizada, conforme metodologia proposta por Ferreira e Bergmann (2011), utilizando o software livre *ImageJ*.



Figura 2 – Visão superior das mostras imersas *0% em água destilada (esquerda) para a formação de eflorescência (direita).

A caracterização precisa dos módulos de elasticidade dinâmico, não destrutivo, foi realizada através da técnica de excitação por impulso mecânico, que permite determinar o valor do módulo de elasticidade quase-estático, utilizando-se os blocos prismáticos de seção aproximadamente quadrada, com o sistema Sonelastic®, após dois ciclos de 7 dias de lixívia em água para formação de eflorescências e secagem a 110 °C/24 h. O ensaio de ruptura à flexão em três pontos foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos, marca Emic, modelo DL-10.000 com velocidade de deslocamento do travessão de 5 mm/min após o período final de 14 dias.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resíduo de despoejamento da aciaria elétrica possui alto teor de ferro na forma de Fe_2O_3 (hematita) que é majoritário, em torno de 44%, seguido de aproximadamente 23% de ZnO para a amostra analisada, conforme resultado da análise química apresentado na Tabela 1, dos elementos na forma de óxidos. A hematita resultaria em coloração avermelhada da cerâmica ou creme clara, cores essas que costumam apresentar maior aceitação em uma inspeção visual.

Elemento	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_3	K_2O	CaO	TiO_2	V_2O_5
Pó de aciaria	2,17	0,09	3,46	0,15	1,64	3,62	1,67	4,29	0,14	nd
Elemento	Cr_2O_3	MnO	Fe_2O_3	NiO	CuO	ZnO	Br_2O	ZrO_2	BaO	PbO
Pó de aciaria	0,2	1,53	42,22	0,02	0,27	23,91	0,29	0,01	0,06	1,73

nd = elemento não detectado, traços (menor que 0,01%).

Tabela 1 – Análise química do resíduo de despoejamento da aciaria elétrica.

Após a etapa de queima a cor cinza a marrom opaco permaneceu, semelhante a coloração anterior a queima, independentemente de suas propriedades físicas ou mecânicas. A presença do elemento chumbo e cromo confirma a periculosidade do resíduo, ainda que no processo de queima ele atue como um fundente, é necessário evitar a contaminação de lençóis freáticos e não inalar vapores provenientes da queima.

Os resultados de propriedades tecnológicas são importantes para avaliar a qualidade física do produto. A retração linear de queima diz respeito à mudança dimensional do material durante a sinterização com eliminação de poros, considerando o comportamento isotrópico. Geralmente, menores valores de absorção de água correspondem ao melhor desempenho da cerâmica no que diz respeito à resistência mecânica, dureza, resistência a ácidos e ao frio. Os resultados para valores médios de absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), densidade aparente (DA), retração linear de queima (RLq) e módulo de ruptura à flexão em três pontos (MoR), após o segundo ciclo de sete dias sob imersão parcial seguido de secagem, com as respectivas adições do resíduo siderúrgico, estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se que os resultados de absorção de água e porosidade aparente foram maiores para a temperatura de 850 °C e, conseqüentemente, os valores de densidade aparente tendem a serem menores para esta temperatura. Pode-se inferir que maior grau de eliminação de componentes voláteis a 850 °C resulta em maior porosidade aberta, enquanto para a temperaturas de sinterização a 950°C ocorre a retomada do processo de eliminação de poros, como na sinterização a 800 °C.

<i>T</i> (°C)	<i>Rejeito</i> (%)	<i>AA</i> (%)	<i>PA</i> (%)	<i>DA</i> (%)	<i>RLq</i> (%)	<i>MoR</i> (MPa)
800	0	3,62 ± 0,44	7,49 ± 0,85	2,01 ± 0,02	1,39 ± 0,28	86,6 ± 11,4
800	5	4,06 ± 1,31	8,26 ± 2,43	1,99 ± 0,04	0,92 ± 0,33	60,7 ± 4,4
800	15	3,17 ± 0,27	6,73 ± 0,77	2,00 ± 0,01	0,78 ± 0,02	88,3 ± 4,9
800	25	2,86 ± 1,05	6,25 ± 2,10	2,13 ± 0,05	1,13 ± 0,18	90,7 ± 6,4
850	0	7,05 ± 1,27	13,26 ± 1,68	1,77 ± 0,04	1,79 ± 0,94	59,9 ± 16,4
850	5	7,12 ± 0,58	14,52 ± 0,79	1,86 ± 0,02	1,98 ± 0,44	52,7 ± 11,3
850	15	6,36 ± 1,11	12,93 ± 2,12	1,91 ± 0,02	1,95 ± 0,23	69,8 ± 12,1
850	25	6,28 ± 0,63	12,53 ± 0,88	1,91 ± 0,02	1,51 ± 0,33	69,8 ± 26,1
900	0	3,97 ± 0,70	8,15 ± 1,31	1,99 ± 0,03	1,21 ± 0,46	71,9 ± 8,0
900	5	4,10 ± 0,66	8,38 ± 1,26	1,98 ± 0,02	0,80 ± 0,30	61,1 ± 5,8
900	15	3,72 ± 0,58	7,81 ± 1,14	2,03 ± 0,02	0,65 ± 0,20	73,9 ± 27,8
900	25	3,10 ± 1,00	6,72 ± 2,00	2,12 ± 0,04	0,79 ± 0,18	89,5 ± 11,0

Tabela 2 – Resultados de absorção de água, porosidade aparente, densidade aparente, retração linear de queima e módulo de ruptura à flexão em três pontos em função da temperatura de queima e teor de rejeito na massa cerâmica.

Observa-se que a composição de 5 %m. para as três temperaturas de sinterização apresenta sempre a maior absorção de água e porosidade aparente, conseqüentemente, menor densidade e apresentarão menor módulo de ruptura à flexão, uma vez que a resistência mecânica é inversamente proporcional a porosidade. Da forma similar, verifica-se um ganho de densificação gradual quando o teor do resíduo adicionado aumenta para 15 e 20%, resultado em um melhor empacotamento das partículas na microestrutura. A retração linear de queima nas três temperaturas permite indicar que houve uma sinterização eficaz, entretanto, se não houver retração isto não significa necessariamente que o material não densificou. O aumento de porosidade causa diminuição na densidade aparente, na retração linear de queima e, deverá afetar a rigidez do material.

O módulo de ruptura à flexão determinado após o segundo ciclo de sete dias em imersão seguido de secagem, indicam que a resistência dos corpos de prova apresentara de fato comportamento inversamente proporcional a sua porosidade. O valor de módulo de ruptura à flexão para o teor de 5 %m. de resíduo nas diferentes temperaturas sempre é menor em relação os corpos de prova de referência, não apresentando correlação com a quantidade de eflorescência, que nesse caso é baixa, conforme apresentado na Figura 3.

Verifica-se que a quantidade de eflorescência formada é proporcional ao aumento dos teores do resíduo e tempo de imersão em água destilada após secagem. A temperatura não teve o efeito linear esperado de inibir a formação de eflorescência com a redução de porosidade, uma vez que os menores valores de porosidade aparente foram para 800 °C, como discutido. A patologia em cerâmicas tradicionais conhecida como eflorescência ocorre devido presença de sais, principalmente o sulfato de cálcio, que solubilizados pela presença

de água afloram às superfícies por fenômeno de capilaridade (COSTA, e colaboradores, 2019). Entretanto, a altura de ascensão em um capilar é inversamente proporcional ao seu raio. A ascensão capilar é também inversamente proporcional a densidade do líquido, afetada pela temperatura de secagem ou taxa de retirada do líquido da superfície. Por outro lado, é diretamente proporcional à tensão superficial do líquido.

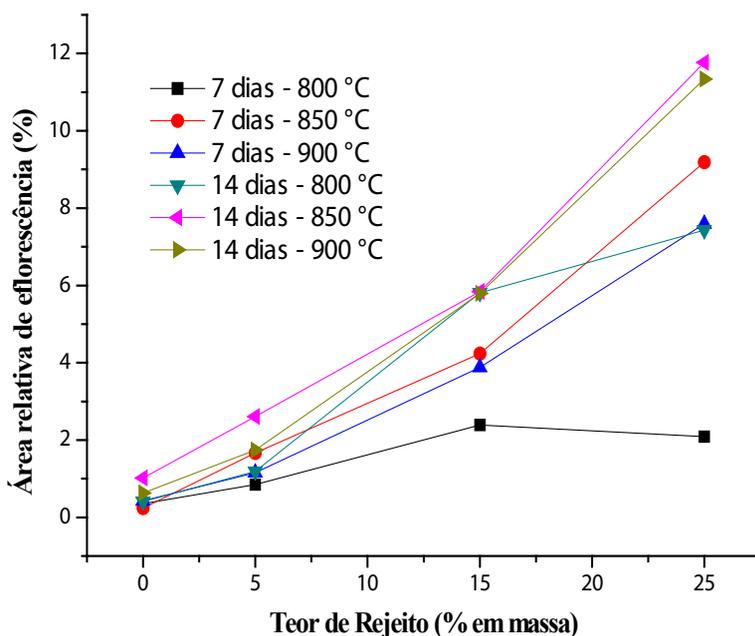


Figura 3 – Área relativa média de eflorescência formada observada para as três temperaturas, após 7 e 14 dias.

O módulo de elasticidade traduz a rigidez do material, ou seja, a tensão máxima que o material deve suportar no regime elástico e que depende da sua composição química, mas em tese são pouco influenciados pela microestrutura e presença de microdefeitos, entretanto, existe uma relação entre porosidade ou densidade e rigidez do material, com vários modelos que descrevem esta relação (RODRIGUES e colaboradores, 2004). É um parâmetro importante para engenharia e aplicação de materiais, visto que estão ligados à descrição de várias outras propriedades mecânicas como: tensão de escoamento; tensão de ruptura; variação da temperatura crítica para propagação de trincas sob ação de choque térmico. A Figura 4 apresenta os resultados de módulo de elasticidade dinâmico obtidos para cada formulação e temperatura de sinterização.

Observa-se que o módulo de elasticidade calculado a partir da média de seis corpos de prova tende a aumentar com o aumento do teor do resíduo adicionado à massa

cerâmica nas três temperaturas, mostrando que a formação de eflorescências para as condições analisadas não resultou em alterações deletérias para o módulo de elasticidade da cerâmica.

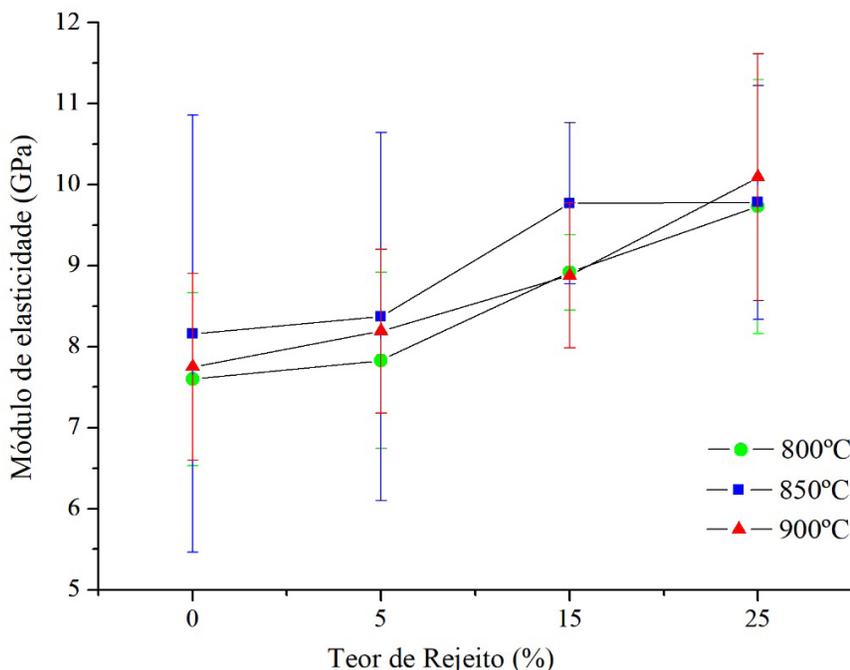


Figura 4 – Módulo de elasticidade para as diferentes adições do pó de despoeiramento e temperaturas após processo de formação de eflorescência.

4 | CONCLUSÕES

A formação de eflorescências não afetou as propriedades mecânicas avaliadas. A incorporação do resíduo de aciaria elétrica pó de despoeiramento na composição de massas cerâmicas, elevou o módulo de elasticidade após a etapa de queima e metodologia proposta para a formação acelerada de eflorescência, proporcionalmente à quantidade de resíduo adicionado. Houve formação de eflorescência devido à coexistência de umidade, sais solúveis, porosidade dos materiais e possibilidade de evaporação, principalmente nas formulações de 15% e 25% nas três temperaturas de queima final, mas que por outro lado apresentaram resultados de módulo de ruptura à flexão mais elevados.

AGRADECIMENTOS

Os autores A. A. Rabelo e E. Fagury Neto agradecem ao CNPq (Processo: 432962/2016-6) e T. P. da Silva agradece ao PIBIC/PNAES/UNIFESSPA.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 10.004, Resíduos Sólidos - Classificação**. 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 9917, Agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis**. 2009.

COSTA, F. G., CASTRO, M. A. M., LUZ, D. S., FAGURY NETO, E. RABELO, A. A. Avaliação de sais solúveis da eflorescência em cerâmica vermelha com inserção do pó de despoeiramento. In: ANDRADE, D. F, Ed., **Engenharia no Século XXI** – Vol. 6, Belo Horizonte, MG, Editora Poisson, 2019, p. 41-47.

COSTA, F.G. **Avaliação de eflorescência em cerâmica vermelha com adições do resíduo siderúrgico pó de despoeiramento antes e após processo de lavagem**. 73 f. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá-PA, 2017.

FERREIRA, C.C.; BERGMANN, C.P. **Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons SO_4^{2-} e Ca^{2+}** . Cerâmica 57, p. 356-363, 2007.

RODRIGUES, J. A., Ortega, F. S., PAIVA, A. E. M., VILLABOIM, E.L.G., PONDOLFELLI, V. C., **Relação entre porosidade e os módulos elásticos de esponjas cerâmicas produzidas vias gelcasting**. Cerâmica, 50, 2004, 209-216.

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
Eletrofição 49
Estrôncio 82, 83, 84, 85, 87, 89, 90, 91, 94, 95

F

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

I

Intensificação de processos 49

L

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

Luminescência 82, 83, 95

M

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

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

N

Nióbio 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26

O

OTFT 136, 137, 138

P

Paligorskita 97, 98, 101, 102, 103

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

PCI 49

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

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

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

Processo de fabricação 3, 19

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

R

Remineralizantes 107

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

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

S

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

Silicatos 96, 98

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

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

Sorção 97, 98

Supercapacitores 122, 123, 124, 131

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

T

Terraços 136, 140, 141, 145

Terras-raras 82, 83

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 