

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)**

Atena
Editora
Ano 2021

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 3 / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-980-6

DOI 10.22533/at.ed.806211204

1. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizadora). II. Título.

CDD 624

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

A obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil 3” contempla trinta e um capítulos com pesquisas sobre temas gerais da engenharia civil.

A engenharia civil é uma importante ferramenta social, pois através dela é possível apresentar propostas de edificações com fins sociais, bem como levar saneamento básico para comunidades vulneráveis.

Muitos estudos buscam trazer soluções sustentáveis através da engenharia civil. A aplicação de diversos tipos de resíduos pode gerar novos produtos aplicados na construção civil e pavimentação.

Conhecer o comportamento de materiais de construção, bem como o desenvolvimento de novos produtos, bem como a análise do comportamento de estruturas em diversos métodos construtivos auxilia os profissionais e estudantes a avaliar suas escolhas.

Por fim, apresentamos um estudo sobre o, ainda presente, preconceito que a mulher sofre na área de engenharia civil.

Desejo que esta obra proporcione uma agradável leitura e fomenta novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PEDRAS ORNAMENTAIS NAS PROPRIEDADES DE CONCRETOS E ARGAMASSAS

Ana Flávia Ramos Cruz
Cláudia Valéria Gávio Coura
Arthur Ferreira de Paiva
Lucas Machado Rocha
Matheus Pereira Mendes

DOI 10.22533/at.ed.8062112041

CAPÍTULO 2..... 17

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM SUBSTITUIÇÃO PACIAL DO AGREGADO MIÚDO PELO RCD

Lara Guizi Anoni
Ana Paula Moreno Trigo

DOI 10.22533/at.ed.8062112042

CAPÍTULO 3..... 25

APROVEITAMENTO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO COMO ADIÇÃO MINERAL À COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS

Bruna Silva Almada
Alex Sovat Cancio
Marlo Souza Duarte
Fernanda Galvão de Paula
Nara Linhares Borges de Castro
Abner Araújo Fajardo
White José dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8062112043

CAPÍTULO 4..... 39

AVALIAÇÃO DE MICROESTRUTURA DE PASTAS CIMENTÍCIAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO DEPOSITADOS EM BARRAGEM DE LAMAS

Nara Linhares Borges de Castro
Laura Guimarães Lage
Carlos Augusto de Souza Oliveira
White José dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8062112044

CAPÍTULO 5..... 52

ESTUDO DA VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO DE AGLOMERANTE POR RESÍDUOS VÍTREOS NA PRODUÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO

Isabelle Aparecida Costa
Ricardo Schneider

DOI 10.22533/at.ed.8062112045

CAPÍTULO 6.....	59
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO SUSTENTÁVEL POTENCIALIZADOR PARA DIMINUIR O DESCARTE RESIDUAL	
Fernanda Francine Miranda Braz Maria Clara Pestana Calsa Adriane Mendes Vieira Mota	
DOI 10.22533/at.ed.8062112046	
CAPÍTULO 7.....	73
FABRICAÇÃO DE CONCRETO LEVE ESTRUTURAL UTILIZANDO FIBRAS DE CURAUÁ (ANANASERECTIFOLIUS) E RESÍDUOS DE ARGILA CALCINADA COMO AGREGADO	
Isnailson Feitosa Pinheiro Hilderson da Silva Freitas Samuel Cameli Fernandes Laerte Melo Barros	
DOI 10.22533/at.ed.8062112047	
CAPÍTULO 8.....	85
INTERFERÊNCIA DA CURA TÉRMICA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM FORMULAÇÕES A BASE DE EGAF E FGD	
Eduarda Pyro Magesk Desilvia Machado Louzada Alessandra Savazzini dos Reis Viviana Possamai Della Sagrillo	
DOI 10.22533/at.ed.8062112048	
CAPÍTULO 9.....	92
PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE EUCALIPTO	
Rebeca Fernandes Balsalobre Marcos Rafael Radaelli Fernando Nunes Cavalheiro Gustavo Savaris	
DOI 10.22533/at.ed.8062112049	
CAPÍTULO 10.....	102
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Lidianne do Nascimento Farias	
DOI 10.22533/at.ed.80621120410	
CAPÍTULO 11.....	112
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CARBONO	
Luiz Fernando Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.80621120411	

CAPÍTULO 12..... 118

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA MADEIRA TRATADA COM IGNIFUGANTES EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO

Gustavo Souza Silva
Ismael Francisco Dias Junior
Mayra Kethlyn da Silva Nascimento
Victor dos Santos Carneiro
Maria Fernanda Quintana Ytza

DOI 10.22533/at.ed.80621120412

CAPÍTULO 13..... 128

ESTUDO DE DOSAGEM DE CONCRETO LEVE COM RESISTÊNCIA PARA FINS ESTRUTURAIS

Lucas Antônio Morais Oliveira
Ingride Escaño
Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs

DOI 10.22533/at.ed.80621120413

CAPÍTULO 14..... 142

INVESTIGAÇÃO DE REQUISITOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

Rayza Beatriz Rosa Araújo
Walter Ladislau de Barros Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.80621120414

CAPÍTULO 15..... 155

PRODUÇÃO DE COMPOSTOS COM ÓXIDO DE EURÓPIO (EU₂O₃): DOPAGEM POR ALUMÍNIO (Al), FERRO (Fe), CARBONO (C), COBRE (Cu) E TITÂNIO (Ti) POR DEPOSIÇÃO DE VAPOR IÔNICO (ARC-PVD)

Felipe Corrêa Ribeiro
Célio Marques
Daniel Rodrigues de Oliveira Novaes
Gilmar de Souza Dias
Isabelle Pereira Souza Dias
Isac Rossi Sylvestre
João Paulo Tailor de Matos Salvador
Júllia Sttefane de Oliveira
Lorena Silva Castello
Maykon Elias Batista
Rodrigo Vieira Rodrigues
Tales Costa de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.80621120415

CAPÍTULO 16..... 165

A INFLUÊNCIA DAS PONTES TÉRMICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO, ENERGÉTICO E NAS ESTRUTURAS DAS EDIFICAÇÕES DA BAIXADA SANTISTA

Edmar Nascimento Lopes
Rodrigo Onofre de Oliveira
Itamar Gonçalves da Silva

Rodrigo Coelho Roberto

DOI 10.22533/at.ed.80621120416

SOBRE A ORGANIZADORA.....	175
ÍNDICE REMISSIVO.....	176

AVALIAÇÃO DE MICROESTRUTURA DE PASTAS CIMENTÍCIAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO DEPOSITADOS EM BARRAGEM DE LAMAS

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 01/02/2021

Nara Linhares Borges de Castro

Universidade Federal de Ouro Preto - PROPEC
Ouro Preto - Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0002-7551-7667>

Laura Guimarães Lage

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7906163707853431>

Carlos Augusto de Souza Oliveira

Universidade Federal de Itajubá
Itabira-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3173026840468974>

White José dos Santos

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/6929801431620076>

RESUMO: Na atualidade, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de minério de ferro, em contrapartida o setor da mineração é apontado como um dos principais geradores de resíduos e de passivos ambientais, sendo altamente fiscalizado por órgãos públicos que visam a segurança e estabilidade das estruturas que armazenam estes resíduos. Denominadas barragens de lamas ou pilhas, estas, ocupam uma área considerável, necessária para sua operação, além do elevado impacto social causado nas comunidades. Existem iniciativas de estudos,

aplicando o resíduo de minério de ferro (RMF) em alguns materiais da construção civil, como na confecção de concretos, fabricação de blocos estruturais, pavimentação e em argamassas. Entretanto, em boa parte dos casos é necessário aprofundar os estudos técnicos, as dosagens e a aplicabilidade. No presente momento, a busca por soluções inovadoras, ligadas a sustentabilidade e ao consumo enorme de recursos naturais, demandam o melhor conhecimento dos materiais que utilizam aproveitamento do RMF, assim como seu comportamento e microestrutura. Nessa conjuntura, este trabalho apresenta a análise microestrutural de pastas cimentícias fabricadas com adição parcial de RMF em relação massa de cimento Portland. Foram estudadas pastas com teores de adição de 10%, 20%, 30% e 40% de RMF, estas, analisadas para idades de 7 e 28 dias. A técnica de instrumentação utilizada nas análises microestruturais foi a de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), aliada a técnicas de caracterização como, fluorescência de raios X (FRX) e densidade dos grãos e granulometria. As análises sinalizaram indícios de que o uso do RMF na forma de adição seria tecnicamente viável. Porém, observam-se algumas anomalias da microestrutura que podem indicar algum efeito deletério da adição do RMF às pastas cimentícias como, diminuição de trabalhabilidade e demanda excessiva de água para hidratação da pasta.

PALAVRAS-CHAVE: Microestrutura, Pasta, Rejeito de minério de ferro.

MICROSTRUCTURE EVALUATION OF CEMENTITIOUS PASTES WITH ADDITION OF IRON ORE TAILINGS DEPOSITED IN A MUD DAM

ABSTRACT: Currently, Brazil is one of the world's largest producers of iron ore. In contrast, the mining sector is considered as one of the main generators of waste and of environmental liabilities, being highly supervised by public agencies that aim at the safety and stability of structures that store this waste. Called mud or pile dams, these occupy a considerable area, necessary for its operation, in addition to the high social impact caused in the communities. There are study initiatives, applying iron ore residue (IOR) to some construction materials, such as making concrete, making structural blocks, paving and mortar. However, in most cases it is necessary to deepen technical studies, mix design and applicability. At the present time, the search for innovative solutions, linked to sustainability and the enormous consumption of natural resources, demand the best knowledge of the materials that use the IOR, as well as their behavior and microstructure. At this juncture, this work presents the microstructural analysis of cementitious pastes manufactured with partial addition of iron ore residue (IOR) in relation to Portland cement. Pastes content of 10%, 20%, 30% and 40% of IOR were studied, these were analyzed for ages 7 and 28 days. The instrumentation technique used in microstructural analyzes was Scanning Electron Microscopy (SEM), combined with characterization techniques such as X-ray fluorescence (FRX) and, grain density and particle size. The analyzes signaled indications that the use of RMF in the form of addition would be technically feasible. However, there are some anomalies in the microstructure that may indicate some deleterious effect of adding RMF to cementitious pastes, such as decreased workability and excessive water demand for hydrating the paste.

KEYWORDS: Microstructure, Paste, Iron ore tailing.

1 | INTRODUÇÃO

Dados da *United States Geological Survey* (USGS, 2014) mostram que a produção de minério de ferro do Brasil foi estimada, em 2013, em 398 milhões de toneladas o que equivale cerca de 13,5% do total mundial. Como consequência da produção de matéria prima a geração de rejeitos é inevitável. Está prescrito na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que alocar os rejeitos em barragens não deve ser considerado como último artifício de acomodação dos mesmos, e ainda como alternativa provisória. O cadastro de barragens da FEAM teve início no ano de 2006, quando havia 606 estruturas. Com o passar do tempo, como consequência das ações de gerenciamento adotadas pelo órgão e da atitude responsável dos empreendedores em cumprir com as determinações definidas nas Deliberações Normativas do COPAM o número de estruturas vem se alterando a cada, em 2017 verificam-se 698 barragens mapeadas e cadastradas (FEAM, 2017). Segundo Silva, Viana e Cavalcante (2012), na mineração, grandes volumes e massas de material são extraídos e movimentados, e a quantidade de resíduos gerada pela atividade depende do processo utilizado para a extração do minério, da concentração do mineral na rocha matriz e da localização da jazida.

As operações realizadas para etapa de beneficiamento do produto podem ser

destacadas como cominuição, peneiramento, concentração mineral, filtragem, secagem e por fim disposição do rejeito. O reaproveitamento dos resíduos da mineração é um fator importante, tanto no âmbito ambiental, quanto no que se diz respeito ao emprego de materiais sustentáveis na construção civil. Suzuki (2017) afirma que as maiores dificuldades encontradas são as viabilidades econômica e técnica para essa troca e o desempenho nem sempre similar, quando utilizado o produto reciclado em comparação ao natural. Visando dirimir esse volume audacioso de barragens, Neto (2007) defende que existem técnicas para gerenciar os resíduos e devem partir de um planejamento integrado, para que haja minimização de ações e majoração de reciclagem e reaproveitamento. Para gerenciar os resíduos assim como iniciar os processos de descaracterização das barragens, deve-se dar ênfase na redução na fonte, visando a reutilização e reciclagem. Atrelado a essa necessidade atual de desenvolvimento de materiais sustentáveis, vê-se a importância de entender o comportamento desses novos métodos. A maneira de se caracterizar uma amostra de RMF varia muito com a própria mineralogia e as propriedades inerentes ao minério, bem como os objetivos e a abrangência da caracterização, como as possíveis rotas de processamento, e como a disponibilidade de tempo, capacidade analítica e recursos financeiros. Para tal, uma das técnicas é a análise microestrutural, que vem sendo incentivada pois, de acordo com Custódio (2015), a partir de estudos de caracterização seria possível prever e otimizar propriedades da pasta, além de ser possível prever patologias. Mehta e Monteiro (2008), complementam que a análise microscópica pode ser considerada um ensaio não-destrutivo e eficiente. Varela (2017) define pasta como a mistura com proporções adequadas de água e cimento e/ou aglomerante. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) afirma que a mesma pode ser classificada quanto ao seu estado, sendo eles, fresco ou endurecido. Um dos itens para obtenção da pasta, é o aglomerante, o mais utilizado é o cimento Portland, e pode ser definido como um material pulverulento, rico em sílica e cal e que apresenta propriedades aglutinantes. Ao ser misturado com a água, forma uma pasta com consistência plástica, reage quimicamente, endurece e adquire resistência mecânica (SCANDIUZZI e ANDRIOLO, 1986). Na análise do resíduo do minério de ferro, Varela (2017) define por granulometria, a distribuição, em porcentagem, dos diversos tamanhos de grãos. “A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades das argamassas e concretos” (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Se tratando da análise química do RMF, Glocker e Schreiber (1928) a espectrometria de fluorescência de raios-X é uma técnica não destrutiva que permite identificar os elementos presentes em uma amostra (análise qualitativa) assim como estabelecer a proporção (concentração) em que cada elemento se encontra presente na amostra. A microscopia eletrônica de varredura é utilizada em várias áreas do conhecimento, incluindo a mineralogia. O uso desta técnica vem se tornando mais frequente por fornecer informações de detalhe, com aumentos de até 300.000 vezes (Duarte et al., 2003). As propriedades, por exemplo as mecânicas, tem sua origem na microestrutura e essas podem ser modificadas fazendo certas alterações na

microestrutura do material.

2 | OBJETIVOS

Neste contexto, o presente trabalho, visa promover o aproveitamento de resíduos, originado no processamento final do beneficiamento, em forma de lama, proveniente do estado de Minas Gerais, Brasil e estudar a influência da implementação em matrizes cimentícias. Para tal uso, avalia-se as características químicas e físicas do resíduo de minério de ferro coletado em Sarzedo, no estado de Minas Gerais, Brasil, assim como o estudo da dosagem experimental das pastas e identificando o teor ótimo de adição do RMF realizando análise e caracterização da microestrutura das mesmas, avaliando as possíveis reações químicas entre o cimento Portland e resíduo de minério de ferro quando hidratados e por consequência analisar morfologicamente a fase endurecida da pasta, na finalidade de entendimento desta interação.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho avaliou a influência do resíduo de RMF em adição parcial ao cimento Portland, analisando suas características e por meio da confecção de pastas, avaliando a sua microestrutura. A Figura 01 retrata sobre a metodologia usada para o desenvolvimento.

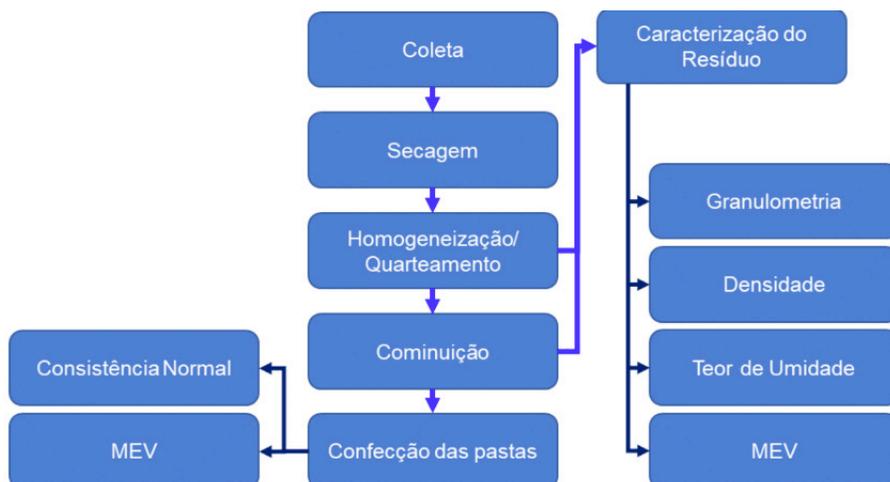


Figura 1- Fluxograma dos métodos

Fonte: O autor,2018.

O RMF utilizado neste trabalho tem origem de Sarzedo (MG), cidade situada na região

metropolitana de Belo Horizonte. O RMF foi coletado e disponibilizado por uma empresa que atua no segmento de exploração e beneficiamento mineral. A amostra foi retirada de forma representativa seguindo as orientações da norma da NBR 9604 (ABNT, 2016), com auxílio de uma carregadeira, sendo obtidas em diferentes pontos da barragem de rejeito. Em seguida as amostras foram conduzidas até o Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Unifei – Campus de Itabira. Estas se encontravam convenientemente embaladas e identificadas, conforme orientações da norma NBR 6457 (ABNT, 1986), o que pode ser observado na Figura 2.



Figura 2 - Recebimento, quarteamento e secagem do rejeito

Fonte: Próprio autor, 2018.

Primeiramente, foi feita a caracterização do material no seu estado natural, de modo a conhecer as propriedades e características do rejeito de mineração de ferro. Para isso, foi retirada uma amostra representativa do montante, após o processo de quarteamento em laboratório. Prosseguiu-se com a caracterização realizando-se a granulometria, densidade dos grãos e o teor de umidade.

A análise mineralógica das amostras de rejeito (RMF) foi determinada pela técnica de fluorescência de raios X. Esse teste foi realizado pela empresa SGS Geosol Laboratório Ltda, localizada na cidade de Vespasiano (MG). Foram analisadas três amostras do RMF. Na avaliação da granulometria do RMF foram adotadas as recomendações da norma NBR 7181 (ABNT, 1984), seguindo as etapas de peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação. Após uma análise visual do resíduo foi constatado que não apresentava material de diâmetro de partículas superiores à abertura 4,8mm. Então, na etapa de peneiramento grosso, optou-se por usar apenas as peneiras de aberturas 4,8mm e 2,0mm, sendo que nas demais não haveria retenção do material. Já na etapa de peneiramento fino, empregou-se todo o jogo de peneiras de acordo com a norma NBR 7181 (ABNT, 1984), que foram elas: 1,2 mm, 0,6 mm, 0,42 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,075 mm e fundo.

De acordo com os ensaios realizados, constatou-se que o material apresentava elevado diâmetro dos grãos e não se encontrava na granulometria almejada para o desenvolvimento da pesquisa. Com isso, procedeu-se a cominuição do material, para se

obter uma maior superfície específica. Ressalta-se que essa pesquisa visa pesquisar o comportamento reológico do RMF com elevada finura, como adição ao cimento Portland. Para cominuição foi utilizado o moinho de Bolas, com dimensões 380 x 420 mm, volume de 47 litros, carregado com 67 esferas metálicas de 30,53 mm de diâmetros em média. A cada procedimento foi colocado no equipamento uma quantidade de 4,5kg de RMF. Por meio de um programador digital do equipamento foi possível controlar o número de rotações durante o processo de moagem, sendo adotadas 16.000 rotações, como tentativa de maximizar o material fino. Utilizou-se como processo de moagem o moinho de bolas, rotacionados a 2.000, 4.000, 6.000, 8.000, 10.000, 12.000, 14.000 e 16.000 rotações, sempre intercalado com peneiramento para análise. Entre os dois últimos ciclos o material se estabilizou quanto a porcentagem de finos, portanto, trabalhou-se com o RMF proveniente da moagem de 14.000 rotações. Com isso, aproximadamente 66% do material foi incorporado aos processos de confecção de pastas. Do material cominuído, foram coletadas novamente amostras para a realização dos ensaios de granulometria e densidade grãos, segundo as metodologias anteriormente citadas. Após a passagem pela peneira 0,15 mm (#100) esse material foi empregado na produção das pastas.

Para a produção das pastas foi realizada a adição em porcentagens proporcionais em massa, de resíduo em relação ao cimento Portland. Foram adotados os teores de adição de 10%, 20%, 30% e 40% de RMF, em relação a massa do cimento. A relação água/aglomerante empregada na pasta foi 0,50. Foi adotada a seguinte representação gráfica para os traços, sendo o primeiro índice o cimento Portland, o segundo índice a adição de RMF e o Terceiro a relação água/aglomerante. Foram considerados como aglomerantes o cimento Portland e o RMF, passante na peneira de abertura 0,15 mm (#100). O cimento Portland empregado na fabricação das pastas foi o cimento Portland de alta resistência Inicial. A escolha do cimento Portland CPV-ARI, do fabricante InterCement Brasil S/A se deu pois, de acordo com os dados do mesmo é constituído basicamente de clínquer Portland finamente moído e gesso. Portanto, por característica de elevada finura (baixo teor de adições minerais) esse cimento foi adotado no estudo para facilitar o entendimento da influência do RMF na reologia das pastas e análise das microestruturas geradas. Após o preparo das pastas, colocou-as em moldes até a etapa de desforma. Adotou-se como moldes em oito copos plásticos com capacidade volumétrica de 50 ml cada. Para cada teor de adição de RMF moldou-se dois corpos de prova (moldes), de cada molde confeccionado foram extraídos fragmentos para análises de microestrutura, conforme Figura 3.

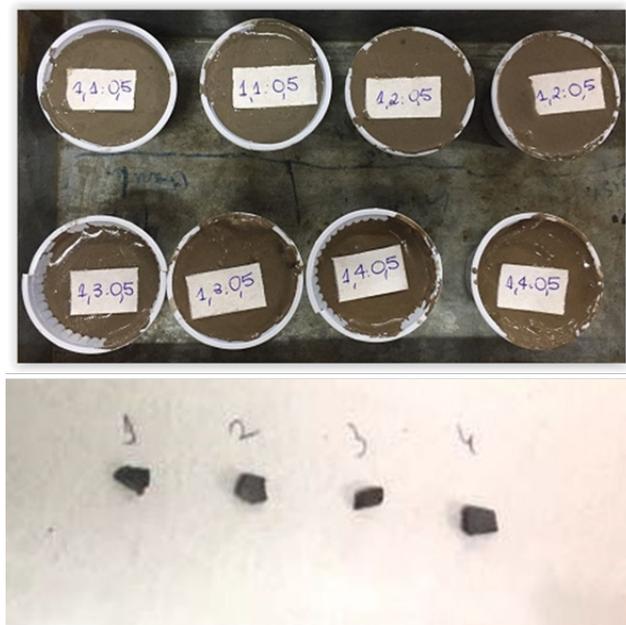


Figura 3- Moldes dos corpos de Prova e fragmentos extraídos.

Fonte: Próprio autor,2018.

Para análise da microestrutura foram examinados fragmentos das amostras das pastas com adição de 10%, 20%, 30% e 40% de RMF em relação ao cimento. O equipamento utilizado foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura Bruker Xflash Detector 410 –M. As amostras foram dispostas em suportes metálicos e fixadas com fita adesiva. Em seguida, foram metalizadas com ouro paladium para conferir propriedade de condutividade a amostras de RMF. Posteriormente, já disposto em condição de vácuo, através do detector de elétrons secundários foi possível visualizar as amostras nos aumentos de 100, 1.000 e 10.000 vezes, avaliando imagens tanto em elétrons secundários, como de retroespalhados. Essas ampliações permitiram para observar a estrutura superficial a amostra.

4 | RESULTADOS

Identificou-se uma umidade do RMF natural na ordem de 0,75%. Observou-se que o processo de moagem, influenciou diretamente na densidade dos grãos. Isso foi percebido, após a realização da picnometria ao final de cada ciclo das rotações para cominuição do resíduo, observou-se que quanto mais cominuído o material maior era sua densidade dos grãos. O resultado da densidade dos grãos utilizados para confecção das pastas foi de 4,22 g/cm³. Percebe-se pela distribuição granulométrica do RMF natural que o modulo de finura da amostra é de 8,6% superior ao do cimento Portland cujo às especificações da NBR

11579 (ABNT, 1991) para o CPV - ARI que deve possuir o índice de finura inferior a 6%. Percebeu-se que houve um aumento significativo da área específica devido a cominuição do material no moinho de bolas.

Na Tabela 01 visualizam-se os resultados da análise química do RMF. Os elementos químicos com maiores porcentagens em ordem de grandeza foram o ferro (Fe_2O_3) e o silício (SiO_2), respectivamente.

Análise	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	LOI
RMF	0,49	25,60	3,13	59,10	3,85	0,23	0,14	0,16	<0,1	0,38	0,23	6,12

Tabela 1 - Resultado Fluorescência de Raios- X.

Fonte: O autor, 2018.

O elevado teor de ferro justifica o resultado da densidade dos grãos obtida. O método de DRX permitiu avaliar que o RMF é um material composto principalmente por Fe, Si, Ca e Al, apresentando a composição de Fe_2O_3 - 59,1%, SiO_2 - 25,6%, CaO - 3,85%, Al_2O_3 - 3,13%. As análises e os dados encontrados neste trabalho, corroboram com os obtidos na análise química e na densidade dos grãos do RMF. As micrografias das pastas de argamassas estudadas, nas idades de 7 e 28 dias, geraram-se imagens obtidas por elétrons secundários (SE) e retroespalhados (BSE). Na Figura 04, destacam-se imagens dos elétrons secundários de 28 dias, com aumento de 100 vezes. As pastas apresentam estrutura densa e compacta. Entretanto, dispersos na microestrutura das pastas, encontram regiões com a presença de vazios, com morfologia arredondada, típicos de bolhas de ar incorporadas que foram incorporadas às pastas durante o processo de moldagem dos corpos de prova.

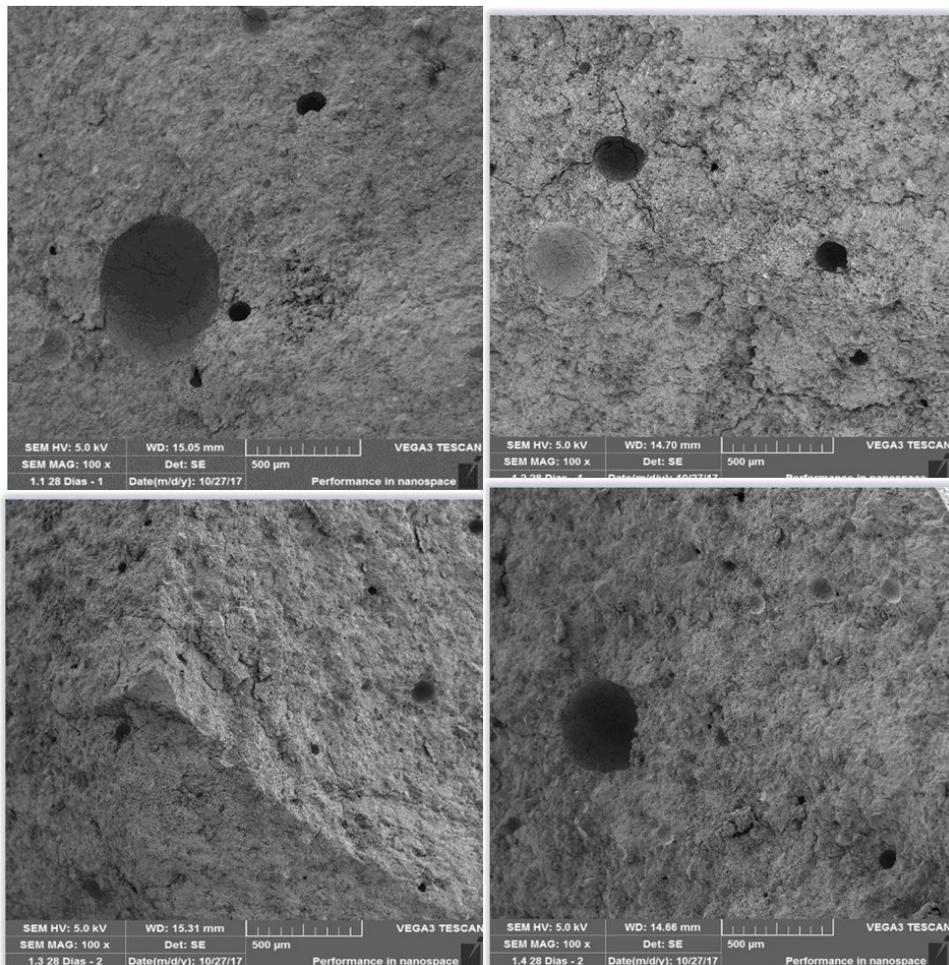


Figura 04 SE - 28 DIAS – AUMENTO: 100 X (pastas com 10%, 20%, 30% e 40% de adição de RMF- esquerda para direita).

Fonte: Próprio autor, 2018.

Um bom processo de adensamento e a redução do tempo de mistura poderia minimizar esse fenômeno. O aumento de 10.000 vezes exibe o alto teor de óxido de silício e óxido férrico no RMF da pasta. As partículas finas da sílica ativa e hematita ocupam os vazios deixando a massa mais densa, por isso quanto mais RMF incorporado, menos poroso é a pasta.

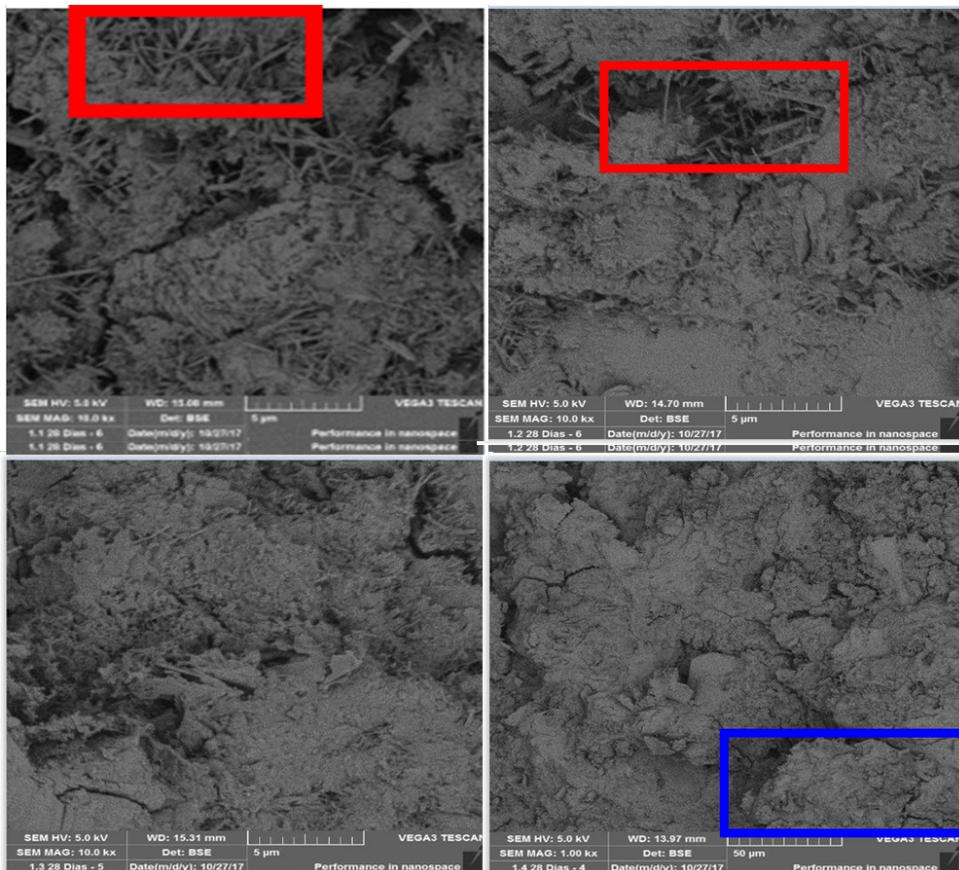


Figura 05 BSE - 28 DIAS – AUMENTO: 10.000 X (pasta com 10%, 20%, 30% e 40% de adição de RMF- esquerda para direita).

Fonte: Próprio autor.

Nos traços P10% e P20%, observa-se uma estrutura porosa com presença de etringitas, destacada de vermelho. Enquanto com percentual de adição de P40% a amostra está mais densa, com menos etringitas e maior aglomerado de C-S-H, que se encontra destacado em azul. Apesar disso, a presença de fase cristalina de C-S-H se encontra identificada em todas as pastas, independente do teor de utilização do RMF e da idade de análise, aspecto importante por se tratar da principal fase proveniente da hidratação do cimento Portland. Nessa pesquisa com a técnica de MEV empregada não foi possível identificar qual tipo de fase C-S-H fora predominantemente formada ou se o RMF influenciou nos seus mecanismos de formação. A relação água/aglomerante, influencia diretamente na resistência mecânica da pasta, porém pouco se observou a formação de fissuras durante a aplicação da microscopia. Observou-se que houve um descolamento da matriz. Apesar do RMF ser acrescido a massa de cimento, ele possui características diferentes. E nessa

etapa ele se comportou como agregado, que pode ser justificado porque há presença de alguns grãos. A elevada relação água/aglomerante está intimamente ligada aos efeitos deletérios da pasta, pois agrava o aparecimento de poros, acarretando mais retrações, originando as fissuras. Em consequência, é perceptível uma maior permeabilidade.

5 | CONCLUSÕES

Fisicamente pode-se observar que a lama oriunda da barragem de Sarzedo, Minas Gerais, após ser beneficiada em laboratório, possui alta dureza do material. Isso pode ser constatado, pois, apesar de todos os processos de moagens, foi possível implementar como adição a pasta de cimento apenas 66% da amostra. A análise química mostra que o RMF apresenta elevado teor de hematita, resultando então numa alta densidade. Além disso, após cada processo para aumento da superfície de contato do RMF, sua densidade dos grãos aumentou. Isso aconteceu, pois, quanto maior o percentual de finos, mais vazios aquela amostra ocupa em um dado volume. O volume e a densidade são parâmetros inversamente proporcionais. O RMF cominuído e peneirado se comportou como efeito filler, ou seja, fechando os poros, então quando maior o percentual de RMF implementado a pasta, espera-se melhor características mecânica. Seguindo o raciocínio de que, menor quantidade de poros, menor permeabilidade e maior durabilidade. O traço P40% possui melhores características morfológicas e químicas, isso porque as partículas finas da sílica ativa e hematita ocupam os vazios deixando a pasta mais densa, por isso quanto mais RMF incorporado, menos poroso é a pasta. A fase cristalina de silicato de cálcio hidrato (C-S-H) é importante pois influência de modo positivo e direto nas propriedades mecânicas, é considerado o composto mais importante na resistência da pasta. Em contrapartida, o traço P10% apresentam maior volume de etringitas, que é considerado a parte frágil da pasta. O uso do RMF na forma como foi estudado sinaliza ser tecnicamente viável e ambientalmente correto, porém necessita de estudos mais aprofundados. Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se diminuir a relação água/aglomerante da pasta e observar o que acontece na sua morfologia. Implementar essa pasta estudada em argamassas ou concretos. Além disso, executar ensaios relacionados a durabilidade deste material.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. B de, 2006, **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**, Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 11579. **Cimento Portland: Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro. 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 6457. **Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.NBR 11560. **Água destinada ao amassamento do concreto**. Rio de Janeiro. 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.NBR 7181. **Solo: Análise Granulométrica – Procedimento**. Rio de Janeiro. 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.NBR 7211. **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro. 2009.

BARROS, C.J. **Os resíduos sólidos urbanos na cidade de Maringá – Um modelo de gestão**. Departamento de Engenharia Química/UEM, Maringá, PR, Brasil, 2002.

BIDONE, FR; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC- USP, 1999.

BRASIL, Ministério do Planejamento. Programa de Aceleração do Crescimento – Balanço 4 anos – 2007 – 2010, 2010.

CONSTANTINIDES, G.; ULM, F.-J. The **Effect of Two Types of C-S-H on the Elasticity of Cement-Based Materials: results from nanoindentation and micromechanical modeling**. Cement and Concrete Research, v. 34, n. 1, p. 67-80, 2004.

CONSTANTINIDES, G.; ULM, F.-J. The **Nanogranular Nature of C-S-H**. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, v. 55, n. 1, p. 64-90, 2007.

Departamento nacional de estrada e rodagem, DNER – ME 093/94 –**Solos - Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro, 1994.

FONTES, Wanna Carvalho; PEREIRA, Ana Cristina; PIMENTA; CHIBLI, Pedro Apolinário; BASTOS, Lucas A. de Castro; BRIGOLINI, Guilherme; FIOROTTI, Ricardo. **Utilização de Rejeito de Barragem de Minério de Ferro com Agregado Reciclado para Argamassas**. 2013 Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

Governo do estado de Minas Gerais. Fundação estadual do Meio Ambiente. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais**,2017. ACESSADO EM 27/01/10 as 14:30 h.

LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando A. Freitas. **Introdução ao Tratamento de Minérios**. 2010. 21 f. **TCC (Graduação) – Curso de Coordenação de Processos** Minerais – Copm, Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2010.

METHA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais**- 2ª Edição. Ed.: IBRACON. 2008.

MONDAL, Paramita et al. **Nanoscale Characterization of Cementitious Materials**. ACI Materials Journal, v. 105, n. 2, mar./abr. 2008.

NETO, H. A. 2007. **Perfil da Mineração de uro (Relatório Técnico nº28 do Projeto de Assistência ao Setor de Energia – Projeto ESTAL)**. Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia, Brasília. 50 p.

NEVILLE, A. **Propriedades do Concreto**. Ed. PINI, São Paulo, 1986.

PASQUALI, I. **Influência do tipo de argamassamento na resistência à compressão de pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica**. Santa Maria, 2007. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

RESENDE, C.M.A. **Estudo da viabilidade de incorporação de escória de cobre como agregado fino em produtos de construção**. Porto, FEUP, 2009. (Dissertação de Mestrado).

RICHARDSON, I. G.; GROVES, G. W. **The Microstructure and Microanalysis of Hardened Ordinary Portland Cement Pastes**. Journal Material Science, v. 28, n. 11, p. 265-277, 1993.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas – Notas de Aula**. USP. São Paulo.

SANT'ANA FILHO, Joaquim Nery de. **Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados**. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013

TENNIS, P.; JENNINGS D.; HAMLIN, M. **A Model for Two Types of Calcium Silicate Hydrate in the Microstructure of Portland Cement Pastes**. Cement and Concrete Research, v. 30, n. 6, p. 855-863, 2000.

PELISSER, F.; GLEIZE, P. J. P.; MIKOWSKI, A. **Propriedades nanomecânicas do silicato de cálcio hidratado de síntese**. Ambiente Construído. V. 9, n. 42, p. 129-139, out./dez. 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adição mineral ao cimento 25

Agregado leve 73, 75, 83, 128, 131, 133, 136, 138, 140

Agregados reciclados 17, 21, 23, 24

Alvenaria estrutural 51, 142, 143, 144, 145, 146, 149, 153, 154

Aproveitamento de resíduos 1, 25, 42, 108

Argila calcinada 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 140

Argila expandida 73, 75, 76, 79, 80, 81, 84, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140

C

Cedrinho 118, 119, 120, 122, 125, 126

Cimentos com adições 25

Concreto estrutural 17, 112, 113, 128, 129, 138, 140

Concreto leve 73, 75, 76, 83, 84, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Concretos especiais 74, 112, 117

Construção civil 1, 2, 3, 4, 15, 17, 22, 23, 25, 26, 36, 37, 39, 41, 43, 52, 53, 58, 73, 74, 75, 76, 84, 86, 93, 94, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 113, 118, 119, 120, 125, 126, 129, 139, 142, 143, 167

Cura térmica 85, 87, 88, 89

Custo 14, 52, 57, 61, 73, 93, 105, 109, 112, 117, 129, 143, 157

D

Demolição 17, 23, 24

Dosagem de concreto 128, 133, 134

E

Educação ambiental 59, 61, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72

Erros 142, 143, 146, 147, 153

Execução 33, 142, 143, 144, 145, 154

F

Fibra de carbono 112, 113, 114, 117

Fibras de curauá 73, 78, 83

G

Gerenciamento de resíduos 59, 104

Gesso FGD 85, 86, 87

I

Ignífugo 118, 123, 125

Incêndio 30, 118, 120, 121, 122, 125, 126, 127

M

Madeira-cimento 92, 96, 104

Materiais de construção 1, 15, 22, 43, 87

Meio ambiente 2, 50, 52, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 66, 68, 74, 75, 77, 90, 93, 101, 102, 103, 120, 127

Microestrutura 35, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 50, 84, 132, 140

O

Óleo vegetal usado 59, 66

P

Painéis 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113

Painéis aglomerados 102, 105, 106, 107, 109, 110, 111

Painéis de partículas 102, 106

Painéis OSB 102, 106, 107, 109, 110, 111

Pasta 10, 27, 30, 31, 33, 35, 39, 41, 42, 44, 47, 48, 49, 75, 76, 83, 85, 88, 89, 91, 137, 138, 140

Paver 52, 53, 55, 56, 57

Pinus pinaster 118, 119, 124, 125, 126

Propriedades mecânicas 17, 23, 28, 36, 49, 57, 73, 80, 84, 87, 112, 113, 122, 133

R

Reaproveitamento de resíduos 59, 85, 92, 102, 103, 104

Rejeito de mineração de ferro 25, 43, 49

Rejeito de minério de ferro 25, 37, 39

Requisitos 16, 90, 106, 109, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 153, 166

Resíduos de construção 17, 23, 24

Resíduos de madeira 92, 93, 94, 95, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos industriais 1, 2, 58, 85, 86, 87, 105, 111

Resíduos vítreos 52, 53, 58

Resistência 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 33, 34, 35, 36, 37, 41, 44, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 73, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 99, 100, 105, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 168

Resistência mecânica à compressão 81, 128

Rochas 1, 2, 3, 4, 5, 15, 16, 113, 130

S

Substituição de aglomerante 52

Sustentabilidade 17, 39, 52, 59, 60, 72, 119, 127, 130

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



www.arenaeditora.com.br



contato@arenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/arenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021