

# 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 Cremona

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Livia 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<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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](http://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**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>59</b>
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO SUSTENTÁVEL POTENCIALIZADOR PARA DIMINUIR O DESCARTE RESIDUAL	
Fernanda Francine Miranda Braz Maria Clara Pestana Calsa Adriane Mendes Vieira Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112046</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>73</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112047</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>85</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112048</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>92</b>
PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE EUCALIPTO	
Rebeca Fernandes Balsalobre Marcos Rafael Radaelli Fernando Nunes Cavalheiro Gustavo Savaris	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8062112049</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>102</b>
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE PAINÉIS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Lidianne do Nascimento Farias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80621120410</b>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>112</b>
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CARBONO	
Luiz Fernando Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80621120411</b>	

**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 ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ): 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

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>175</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>176</b>

# CAPÍTULO 1

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

*Data de aceite: 01/04/2021*

*Data de submissão: 05/02/2021*

### **Ana Flávia Ramos Cruz**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais  
Juiz de Fora - Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7881824872334454>

### **Cláudia Valéria Gávio Coura**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais  
Juiz de Fora - Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1974369704331449>

### **Arthur Ferreira de Paiva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais  
Juiz de Fora - Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/6579142841018787>

### **Lucas Machado Rocha**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais  
Juiz de Fora - Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/5861383537041561>

### **Matheus Pereira Mendes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais  
Juiz de Fora - Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3379722661685232>

**RESUMO:** Para alcançar o desenvolvimento sustentável no setor da construção civil, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias e processos construtivos que tem como objetivo

minimizar a geração de resíduos e reduzir os impactos ambientais. Este setor é um dos que mais consome recursos naturais não renováveis e, por outro lado, pode ser considerado um dos mais eficazes para utilização de materiais reciclados. Sabe-se que outras indústrias, como a de produção de pedras ornamentais, produz grandes quantidades de materiais residuais em seu processo de produção, e que estes resíduos são passíveis de serem utilizados na construção civil. Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade de uso dos resíduos da indústria de produção de pedras ornamentais como substituição ao agregado miúdo na produção de concretos e argamassas ou como adições. Para isso, é feita uma pesquisa bibliográfica nacionais acerca de trabalhos relevantes no assunto nos últimos 15 anos, com análise de seus resultados e apresentação das condições e dosagens mais favoráveis de utilização para melhoria das diversas propriedades desses materiais. Conclui-se que é possível o emprego desses resíduos nesse setor da construção civil, dada sua viabilidade técnica, econômica e ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rochas; Materiais de Construção; Resíduos Industriais; Aproveitamento de Resíduos.

THE INFLUENCE OF THE USE OF WASTE FROM THE ORNAMENTAL STONES INDUSTRY ON THE PROPERTIES OF CONCRETE AND MORTARS

**ABSTRACT:** To achieve sustainable development in the civil construction sector, it is necessary

to develop technologies and construction processes that aim to minimize the generation of waste and reduce environmental impacts. This sector is one of the ones that most consumes non-renewable natural resources and, on the other hand, it can be considered one of the most effective for using recycled materials. Other industries, such as the production of ornamental stones, produce large quantities of residual materials in their production process, and these residues are likely to be used in civil construction. In this context, this work aims to verify the viability of using the residues of the ornamental stone production industry as a substitute for fine aggregate in the production of concrete and mortar or as additions. This present work used a national bibliographic search about relevant works in the subject in the last 15 years, with analysis of its results and presentation of the most favorable conditions and dosages for use to improve the various properties of these materials. The work concludes that it is possible to use this waste in this sector of civil construction, given its technical, economic and environmental viability.

**KEYWORDS:** Rocks; Construction Materials; Industrial Waste; Use of Waste.

## 1 | INTRODUÇÃO

Após a década de 1980, os resíduos da construção civil se transformaram em grandes problemas devido ao aumento da população urbana, intensa industrialização e diversificação do consumo de bens e serviços. Os problemas envolviam seu oneroso gerenciamento, contaminação ambiental, escassez de depósitos causados pela intensa urbanização, dentre outros, segundo John (2000) e Coura (2009).

A gestão ambiental de resíduos sólidos foi debatida durante a ECO-92 com a definição da Agenda 21. Neste contexto, foram definidos conjuntos de medidas para conciliar crescimento econômico, desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente, pilares para garantia do desenvolvimento sustentável. Assim, de acordo com John (1999) e Bigno (2002), em relação à indústria da construção civil, para que fosse garantido o desenvolvimento sustentável, era necessária a reutilização e reciclagem de resíduos por ela gerados, visto que o setor, além de ser um gerador de resíduos, é também um grande consumidor de recursos naturais, chegando a consumir até 75% de recursos naturais. Assim, a indústria da construção civil é geradora de um grande número de impactos ambientais.

Pinto (1999) aponta a importância da reutilização, também, de resíduos industriais de outras indústrias, como a indústria de rochas ornamentais. Dentre alguns de seus benefícios, pode-se citar: a redução do consumo de recursos naturais não renováveis e a preservação do meio ambiente; a redução de áreas para deposição e descarte de resíduos; a redução do consumo de materiais no processo de produção industrial e redução da poluição.

Apesar da indústria da construção civil ser uma das maiores consumidoras de recursos naturais não renováveis, segundo Coura (2009) e John (2000), ela também pode ser considerada uma das mais eficazes para utilização de materiais reciclados de outras

indústrias. Em consequência disso, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias e processos construtivos que tem como objetivo minimizar a geração de resíduos e aproveitar resíduos de outras indústrias na construção civil.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica da utilização de resíduos da indústria de pedras ornamentais (RIPO) em substituição à areia natural ou como adição em concretos e argamassas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para seu desenvolvimento, este trabalho conta com uma pesquisa bibliográfica, onde se buscou avaliar resultados obtidos por diversos autores brasileiros nos últimos 15 anos sobre a avaliação das propriedades de concretos e argamassas com adição ou substituição da areia natural por RIPO. O recorte das buscas realizadas foi feito para pesquisas nacionais, uma vez que as propriedades das rochas naturais, assim como as propriedades dos agregados, se alteram segundo a localidade da pesquisa, interferindo também nas propriedades das misturas obtidas.

Entre os materiais empregados nas pesquisas dos autores consultados estão os materiais das misturas de referência, como: água, cimento, agregados. Em relação aos resíduos empregados por esses autores, destacam-se aqueles oriundos das indústrias de pedras ornamentais.

Segundo Vidal *et al.* (2013), a principal aplicação das pedras ornamentais na construção civil é no revestimento de edificações, seja em pisos, paredes ou fachadas, sendo também bastante utilizadas em elementos como tampos de pias e balcões e também na ornamentação de ambientes.

Chiodi e Rodrigues (2009) destacam que as pedras ornamentais ou pedras de revestimento, também conhecidas como rochas ornamentais ou rochas naturais, compreendem os materiais geológicos que podem ser extraídos em forma de blocos ou de placas, pelo processo de extração. Feita a extração desses materiais, eles são cortados em formas variadas. Por fim, esses materiais são beneficiados, seja por esquadrejamento, polimento ou outros processos. A cada um desses processos, são gerados os resíduos da indústria de pedras ornamentais (RIPO).

Assim, os resíduos empregados nas pesquisas dos autores abordados nesse trabalho, como adição nas dosagens de concretos ou argamassas ou como substituição ao agregado miúdo natural, são:

- Resíduo de corte e polimento das indústrias de pedras ornamentais, obtido do processo de corte e também do processo de beneficiamento.
- Resíduo de quartzito, obtido do processo de beneficiamento do quartzito.
- Resíduo de mármore triturado e resíduo de rocha gnáissica triturada, obtidos do

processo de beneficiamento dessas rochas.

### 3 | RESULTADOS

O emprego de RIPO na construção civil tem sido amplamente estudado. Na década de 1990 pesquisadores desenvolveram seus trabalhos utilizando o resíduo das pedras ornamentais em argamassas, tijolos de solo-cimento e em tijolos cerâmicos, onde foi constatada a viabilidade técnica da substituição. Logo depois, o resíduo foi utilizado no concreto como adição e foi constatada sua viabilidade de utilização (GONÇALVES, 2000). Nos últimos anos, são amplas, também, as pesquisas sobre o emprego de RIPO na fabricação de concretos e argamassas. Dentre pesquisas internacionais, Kore e Vyas (2016) estudaram a durabilidade de concretos com uso de resíduo de mármore. Os concretos com resíduo de mármore apresentaram bons resultados de resistência à compressão axial e melhor durabilidade, se comparado ao concreto de referência. Corinaldesi, Moriconi e Naik (2010) fizeram, também, um estudo de caracterização do pó de mármore para uso em argamassas e concretos, comprovando sua viabilidade.

No que tange as pesquisas nacionais nos últimos 15 anos, o Quadro 1 apresenta um levantamento de estudos considerados nesse trabalho para coleta de dados e que promoveram o uso RIPO como adição ou substituição do agregado miúdo natural nas dosagens de concretos e argamassas, avaliando as propriedades desses materiais e as mudanças ocorridas nessas propriedades com o emprego desses resíduos.

Ano	Título	Tipo	Autores
2019	O potencial uso de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais como matéria prima em argamassas e sua avaliação do ciclo de vida (ACV)	Dissertação de mestrado	LEITE, F. R.
2018	Estudo da utilização de resíduo de quartzito como agregado miúdo em concreto convencional	Trabalho de fim de curso	NASCIMENTO, I. E.
2014	Influência da adição do resíduo proveniente do corte de mármore e granito (RCMG) nas propriedades de argamassas de cimento portland	Dissertação de mestrado	APOLINÁRIO, E. C. A.
2009	Análise experimental sobre a substituição do agregado miúdo por mármore triturado na confecção de concreto	Tese de doutorado	COURA, C. V. G.
2008	Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto	Artigo	BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. V. G.; MENDES, L. O.

Quadro 1 - Pesquisas relevantes nos últimos 15 anos sobre o emprego de resíduos de mármore e granito como agregado miúdo.

Fonte: Os autores (2020).

Seguindo a linha temporal abordada no Quadro 1, foram descritos a seguir, de forma resumida, os resultados encontrados nas pesquisas de cada autor.

Leite (2019) teve como objetivo utilizar os resíduos de beneficiamento secundário de rochas ornamentais em argamassas, como substituição à areia natural. O autor desenvolveu uma dosagem de referência (sem substituição) e outras dosagens com substituições. Ele empregou na dosagem R1 resíduos de corte e na dosagem R2 resíduos de polimento de pedras ornamentais. Os resíduos foram coletados em marmoraria e para cada um deles o autor utilizou substituições da areia em 10%, 20% e 30%. O Quadro 2 apresenta de forma sucinta os resultados encontrados pelo autor e uma consideração a que se chega sobre cada propriedade ensaiada.

Nascimento (2018), por sua vez, trabalhou com o uso de resíduo do beneficiamento de quartzito no concreto. O autor dosou um concreto de referência (sem substituição) e substituiu o agregado miúdo natural nas porcentagens de 25%, 50%, 75% e 100%. O Quadro 3 ilustra um resumo dos resultados encontrados.

Apolinário (2014) avaliou o aproveitamento do resíduo de corte do mármore e granito (RCMG) como adições em argamassas mistas (de cimento e cal) nos teores 5%, 10% e 15% em relação à massa de cimento. O fator água/cimento foi mantido em 0,59 nas diferentes dosagens. Em relação aos traços empregados, na medida em que se aumentava o teor de adições, a quantidade de areia empregada em cada mistura era reduzida. O Quadro 4 ilustra um resumo dos resultados encontrados pelo autor para argamassas mistas simples.

Coura (2009) também pesquisou a utilização de rejeitos de mármore triturado (RMT) em substituição ao agregado miúdo natural (AMN). Em sua pesquisa, foram utilizadas dosagens com areia natural de rio (mistura de referência), dosagens com substituição do AMN por RMT em 20%, 40%, 50%, 60% e 100%. As dosagens com substituição total do AMN por mistura de RMT foram testadas com fator água/cimento de 0,50, com abatimento (*slump*) fixado em 80 mm e também na granulometria ótima (segundo referência normativa). Foram ensaiadas várias propriedades em que o concreto com RMT se destacou. O Quadro 5 indica um resumo de alguns resultados obtidos pela autora.

Barbosa, Coura e Mendes (2008) efetuaram um estudo de caracterização e avaliação do emprego de rejeitos de mármore triturado (RMT) e rocha gnaisse triturada (RGT), em substituição total do agregado miúdo natural, para a produção de concretos. A dosagem de referência, com agregado miúdo natural (AMN), foi um parâmetro comparativo para avaliação da viabilidade das duas outras aplicações. Foram realizados ensaios de trabalhabilidade, densidade de massa, resistência à compressão axial, absorção de água por imersão e módulo de deformação. O Quadro 6 apresenta um resumo dos resultados encontrados.

	Substituição	Índice de consistência (mm)	Densidade de massa aparente (kg/m³)	Absorção de água por imersão (%)	Índice de vazios (%)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Massa específica seca (g/cm³)	Massa específica saturada (g/cm³)	Absorção de água por capilaridade (g/cm²) aos 90 min
Referência	-	250	1934	13,1	24	3,9	12,7	1,85	2,095	0,24
R1 (corte)	10%	272	1976	12,4	23,3	4,8	12	1,88	2,113	0,6
	20%	258	1950	12,9	24	3,7	13,2	1,87	2,107	0,72
	30%	230	1934	13,6	25,2	4	11,7	1,85	2,1	0,42
R2 (polimento)	10%	272	2047	13,5	25,1	4	12	1,86	2,11	0,5
	20%	270	2034	13,17	24,3	4,1	12,9	1,85	2,09	0,26
	30%	240	2028	13	24,1	3,6	11,5	1,86	2,1	0,14
Considerações do autor		Afetado	Afetada	Estabilizou-se	Estabilizou-se	Estabilizou-se	Estabilizou-se	Estabilizou-se	Estabilizou-se	Afetada
Obs.: Foram expostos os resultados de propriedades do concreto no estado endurecido para 28 dias										

Quadro 2 – Resumo dos resultados encontrados por Leite (2019) - argamassas

Fonte: Os autores (2020).

	Substituição	Consistência (mm)	Resistência à compressão (MPa)	Absorção por imersão (%)
Referência	-	24	31,28	4,38
Resíduo de quartzito	25%	20	21,34	4,5
	50%	17	25,02	4,52
	75%	29*	25,73	4,58
	100%	10	30,63	4,55
Considerações do autor		Afetada	Afetada	Variações desprezíveis
		* Resultado a ser desconsiderado		

Quadro 3 – Resumo dos resultados encontrados por Nascimento (2018) - concretos

Fonte: Os autores (2020).

	Adição	Ar incorporado (%)	Densidade de massa (g/cm <sup>3</sup> )	Consistência (mm)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência à compressão axial (MPa)	Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (km/s)	Módulo de elasticidade dinâmico (GPa)	Absorção de água capilar (g/(dm <sup>2</sup> ·min <sup>0,5</sup> ))
Referência	-	4,2	2,11	296	7,2	20	3,2	3,09	16,3	0,48
RCMG	5%	3,5	2,14	290	8	22	3,3	3,23	18,2	0,61
	10%	3,7	2,14	288	7,5	20	3,5	3,32	19	0,74
	15%	3,5	2,15	284	7,5	19	3,6	3,38	19,7	1,47
Considerações do autor		Afetado	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetado	Afetada

Quadro 4 – Resumo dos resultados encontrados por Apolinário (2014) – argamassas

Fonte: Os autores (2020).

(continua)

	Substituição	Trabalhabilidade (mm)	Densidade de massa aparente (g/cm <sup>3</sup> ) - 120 dias	Resistência à compressão axial (MPa)	Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Coefficiente de Poisson	Absorção de água por imersão (%)	Absorção de água por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )	Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (km/s) - 120 dias
Referência	-	80	2,3	26,1	3,59	4,58	27,98	0,29	6,23	1,44	4,223
RMT	20%	80	2,33	27,25	3,78	4,62	29,45	0,29	6,13	1,37	Não ensaiado
	40%	90	2,34	27,89	3,82	4,66	30,12	0,31	5,98	1,26	Não ensaiado
	60%	105	2,36	29,66	3,91	4,69	36,19	0,35	5,82	1,18	Não ensaiado
	100% (a/c = 0,50)	135	2,4	29,85	4,06	4,78	48,98	0,46	5,66	1,12	4,288
	100% (slump 80 mm)	80	2,41	34,76	4,18	4,87	49,17	0,45	5,57	1,05	4,367
	100% (granulometria ótima)	80	2,42	35,4	4,3	4,92	49,7	0,46	5,55	1,01	4,439
Considerações da autora		Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada	Afetada
Obs.: Foram expostos os resultados de propriedades do concreto no estado endurecido para 28 dias, exceto quando informada idade diferente de ensaios.											

Quadro 5 – Resumo dos resultados encontrados por Coura (2009) - concretos

Fonte: Os autores (2020)

	Substituição	Densidade de massa aparente (g/cm <sup>3</sup> ) - 120 dias	Resistência à compressão axial (MPa)	Absorção de água por imersão (%)	Módulo de elasticidade (GPa)	Trabalhabilidade (mm)
Referência	-	2,24	25,83	6,21	27,89	80
RMT	100%	2,37	29,52	5,4	47,81	140
RGT	100%	2,33	28,07	7,58	26,47	50
Considerações das autoras		Afetada	Afetada	Afetada	Afetado	Afetada
Obs.: Foram expostos os resultados de propriedades do concreto no estado endurecido para 28 dias, exceto quando informada idade diferente de ensaios.						

Quadro 6 – Resumo dos resultados encontrados por Barbosa, Coura e Mendes (2008) - concretos

Fonte: Os autores (2020).

## 4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Propriedades avaliadas

Para avaliar a viabilidade técnica do uso de RIPO nas matrizes cimentícias, deve-se avaliar os resultados encontrados pelos diferentes autores. Cada propriedade avaliada pelos autores foi discutida neste trabalho, a fim de avaliar e justificar os resultados obtidos pelos autores.

#### • Consistência e Trabalhabilidade

Segundo Bauer (2016), a consistência é um dos fatores mais importantes para se determinar a trabalhabilidade de um concreto. A trabalhabilidade para concretos e argamassas é composta por no mínimo dois componentes, conforme Coura (2009): sua fluidez, que está relacionada à facilidade de mobilidade, e sua coesão, propriedade vinculada à resistência à exsudação ou à segregação. Nos concretos, a consistência pode ser avaliada segundo ensaio de abatimento do tronco de cone (*slump test*), conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Em argamassas, sua avaliação se dá segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016), ensaio conhecido como *flow table*.

Conforme visto nos Quadros 2 a 6, os autores consultados encontraram diferentes resultados para a variação da trabalhabilidade. Coura (2009) e Barbosa, Coura e Mendes (2008) encontraram ganhos de trabalhabilidade nos concretos com uso de resíduo de mármore (RMT) em substituição à areia. Porém, Barbosa, Coura e Mendes (2008) ao utilizarem o RGT, por sua vez, encontraram perdas de trabalhabilidade com emprego de RIPO, quando feitas substituições em dosagens elevadas. Esse resultado foi semelhante ao encontrado pelos demais autores.

O comportamento pode ser explicado pelo fato de que o resíduo empregado

pelos autores Leite (2019), Nascimento (2018), Apolinário (2014) e Barbosa, Coura e Mendes (2008) são resíduos que englobam não só material derivado do mármore, mas também material derivado do granito – como rocha gnaisse e resíduo de quartzito. Esse tipo de resíduo, diferentemente do resíduo derivado apenas do mármore, é um material mais pulverulento e que possui mais finos. Os finos promovem uma dificuldade de homogeneização da mistura, prejudicando sua trabalhabilidade.

- **Densidade de massa e teor de ar incorporado**

O ensaio de determinação de densidade de massa e teor de ar incorporado é regido pela NBR 13278 (ABNT, 2005), no caso do ensaio realizado em argamassas no estado fresco, e pela NBR 13280 (ABNT, 2005), para ensaios realizados em argamassas no estado endurecido – chamada de densidade de massa aparente.

Nos resultados encontrados nesta pesquisa, observa-se que todas as misturas com uso de RIPO tiveram suas densidades de massa superiores às misturas de referência. Isso ocorre porque os finos dos resíduos promovem o efeito *filler*, como visto em Apolinário (2014), de modo que os finos preenchem os vazios das misturas, reduzindo, portanto, o teor de ar incorporado e aumentando a densidade de massa. A densidade de massa aparente no estado endurecido também sofre acréscimo com adições de resíduo, como visto em Leite (2019), Coura (2009) e Barbosa, Coura e Mendes (2008), sendo um resultado benéfico para a resistência mecânica das misturas. Com a maior quantidade de partículas finas, as misturas com resíduo se tornam mais densas que as misturas convencionais, o que traz benefícios em relação à resistência final. No estado fresco, o ganho de densidade da mistura gera perdas de trabalhabilidade. Porém, de um modo geral, os acréscimos de densidade de massa, especialmente no estado endurecido, foram vistos de forma positiva para as misturas estudadas com resíduos.

- **Resistência à compressão axial**

Uma das principais propriedades de concretos e argamassas é sua resistência à compressão axial, que compõe a resistência mecânica desses materiais. Nos concretos sua importância é fundamental. Nas argamassas, porém, a necessidade de garantia de resistência à compressão varia com seu emprego (BAUER, 2016). A NBR 5739 (ABNT, 2007) prescreve o método de ensaio para determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto com cimento Portland a serem realizados após o período de cura. A NBR 7215 (ABNT, 1996) prescreve também o mesmo ensaio a ser empregado em argamassas de cimento Portland.

Independentemente do tipo de resíduo utilizado, nota-se que os autores em sua maioria encontraram ganhos de resistência à compressão nas misturas com uso de RIPO em substituição à areia natural. Leite (2019) considera que embora não houvesse ganhado significativos de resistência à compressão axial, os resultados estabilizavam-

se. O autor destaca, ainda, que todos os corpos de prova de argamassa apresentaram valores de resistência à compressão superiores a 8 MPa, considerada resistência elevada e tecnicamente viável.

Nascimento (2018), dentre os autores estudados nesta pesquisa, foi quem encontrou perdas de resistência à compressão em concretos com substituição. O autor, porém, considerou viável a substituição a partir de 50%, já que a resistência à compressão esperada (25 MPa) foi atingida com essa dosagem de substituição e nas dosagens com 75% e 100%.

- **Resistência à tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão**

A resistência à tração de concretos e argamassas é, também, uma de suas importantes características, uma vez que materiais com boa resistência à tração são capazes de resistir aos processos de fissuração.

Um dos ensaios mais empregados no Brasil para essa determinação é o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, regido pela NBR 7222 (2011). Pode, ainda, ser empregado o ensaio de resistência à tração na flexão. Este ensaio é normatizado pela NBR 13279 (2005), no caso de argamassas, e pela NBR 12142 (2010), no caso de concretos.

Observa-se que, de modo geral, todos os autores encontraram ganhos de resistência à tração nas misturas com resíduos. Coura (2009) e Apolinário (2014) explicam que esse fato se deve ao formato mais anguloso dos resíduos em comparação à areia natural. Sendo mais angulosos, os grãos dos resíduos tem mobilidade restrita, o que não acontece com a areia natural. A areia natural, por sua vez, por ter maior mobilidade, pode apresentar microfissuração entre a pasta e o agregado, o que prejudica sua resistência à tração.

- **Módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson**

O módulo de elasticidade de concretos e argamassas está relacionado com a sua capacidade de absorver deformações, eventuais movimentações e acomodações da alvenaria (NAKAKURA e CINCOTTO, 2004).

Nos autores estudados, observa-se que houve aumento do módulo de elasticidade estático e conseqüente aumento do coeficiente de Poisson nos concretos ensaiados, conforme visto em Coura (2009) e Barbosa, Coura e Mendes (2008), quando utilizado resíduo RMT. Com uso de RGT na mistura, o valor do módulo de elasticidade praticamente estabiliza-se. Coura (2009) e Apolinário (2014) destacam que o módulo de elasticidade está relacionado à rigidez do concreto. Agregados naturais têm suas partículas mais arredondadas, possibilitando maior movimentação entre agregado e pasta, o que promove microfissuras e reduz o módulo de elasticidade. Apolinário (2014) também observou aumento do módulo de elasticidade dinâmico nas argamassas com substituição da areia natural por resíduos. Esse aumento do módulo de elasticidade nas misturas com resíduos

é positivo, devido à capacidade desses materiais absorverem deformações.

O ensaio para determinação do módulo de elasticidade estático em concretos é normatizado pela NBR 8522 (ABNT, 2008). O módulo de elasticidade dinâmico em argamassas pode ser determinado através da NBR 15630 (ABNT, 2009).

- **Absorção de água por capilaridade e absorção de água por imersão**

Os ensaios de absorção de água são realizados em concretos e argamassas no estado endurecido. A absorção de água desses materiais está diretamente ligada à sua durabilidade e vida útil. Para determinação da absorção de água por imersão é utilizada a NBR 9778 (ABNT, 2005) e para determinação da absorção de água por capilaridade emprega-se a NBR 9779 (ABNT, 2012).

Pelos resultados apresentados pelos autores, observa-se que a absorção de água varia muito de acordo com o tipo de resíduo empregado e o percentual de substituição.

De um modo geral, a absorção de água capilar aumenta muito com todos os resíduos empregados. Apolinário (2014) explica que os resíduos, sendo um material mais fino, promovem o tamponamento dos poros, reduzindo os diâmetros capilares e fazendo com que a absorção de água capilar seja superior. Esse resultado só não foi encontrado com o resíduo R2 (de polimento) empregado por Leite (2019) no teor de 30% de resíduo e com o resíduo de RMT empregado por Coura (2009). Esse comportamento, porém, não inviabiliza as misturas com resíduos, segundo os autores estudados.

A absorção de água por imersão, por sua vez, é reduzida com o RMT empregado por Coura (2009) e com o resíduo R1 (de corte) empregado por Leite (2019). Para o RGT, o R2 (de polimento) e o resíduo de quartzito, porém, os valores de absorção de água por imersão foram bastante superiores aos das dosagens de referência.

- **Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas**

Apolinário (2014) aponta que a velocidade de propagação de uma onda ultrassônica em um meio sólido depende de vários fatores, como tipo de agregado, sua densidade, tipo de cimento, grau de hidratação, tipo de adensamento, posição da peça no ensaio e idade do material. A velocidade de propagação será maior quanto mais denso for o material e, conseqüentemente, menor o tempo de propagação das ondas.

Coura (2009) também faz uma relação da velocidade de propagação de ondas com as demais propriedades de concretos e argamassas. Segundo a autora, os materiais que utilizam RIPO em substituição à areia são materiais menos porosos, devido ao tamponamento dos poros pelos finos. Logo, são também materiais com maior densidade, maior resistência e maior módulo de elasticidade e, então, maior velocidade de propagação de ondas, comportamento benéfico para as misturas.

Coura (2009) e Apolinário (2014) encontraram resultados semelhantes em concretos e argamassas com uso de resíduo: maiores velocidades de propagação de

ondas ultrassônicas.

O ensaio de determinação da velocidade de propagação de ondas ultrassônicas é normatizado pela NBR 8802 (ABNT, 2013).

## 4.2 Resumo do comportamento das propriedades de concretos e argamassas com uso dos resíduos da indústria de pedras ornamentais

De acordo com a discussão apresentada sobre o comportamento de cada propriedade investigada pelos diferentes autores, buscou-se, nesta etapa, identificar como se dá o comportamento de materiais cimentícios quando dosados com RIPO. O Quadro 7 ilustra como cada propriedade testada pelos diferentes autores quando as dosagens são feitas com RIPO. O quadro busca, ainda, indicar qual foi a substituição ou adição mais benéfica do ponto de vista técnico para ganho de qualidade concretos e argamassas e sua variação em relação às dosagens de referência. Por exemplo, argamassas de assentamento e revestimento devem ter boa trabalhabilidade, para facilidade de aplicação. Do mesmo modo, bons resultados de trabalhabilidade são esperados também para os concretos. Assim, a mistura que mais apresentou ganhos de trabalhabilidade em sua dosagem foi a mistura confeccionada com substituição de 100% da areia natural por RMT. Nessa dosagem, foi possível atingir um acréscimo de até 68,75% de trabalhabilidade.

O mesmo critério foi empregado para as demais propriedades, avaliando-se os Quadros 2 a 6 que ilustram os resultados encontrados para cada autor.

PROPRIEDADES	COMPORTAMENTO DAS MISTURAS COM RESÍDUOS	CONDIÇÕES QUE TENDEM A SER MAIS FAVORÁVEIS	PERCENTUAL DE VARIAÇÃO NA CONDIÇÃO MAIS FAVORÁVEL
Consistência e trabalhabilidade	Varia com o tipo de resíduo utilizado	Coura (2009): substituição de areia por RMT em 100% ( $a/c = 0,50$ )	Acréscimo de até 68,75% conforme quadro 5
Densidade de massa	Aumenta	Leite (2019): com resíduo R2 (de polimento) na porcentagem de 10% de substituição	Acréscimo de até 5,84% conforme quadro 2
Teor de ar incorporado	Diminui	Apolinário (2014): com resíduo RCMG nas porcentagens 5% e 15% de adição	Redução de até 16,67% conforme quadro 4
Resistência à compressão axial	Varia com o tipo de resíduo utilizado	Coura (2009): com resíduo RMT em 100% de substituição na granulometria ótima	Acréscimo de até 35,63% conforme quadro 5
Resistência à tração por compressão diametral	Aumenta	Coura (2009): com resíduo RMT em 100% de substituição com slump 80 mm	Acréscimo de até 16,43%, conforme quadro 5

Resistência à tração na flexão	Aumenta	Leite (2019): com resíduo R1 (de corte) na porcentagem de 10% de substituição	Acréscimo de até 23,08% conforme quadro 2
Módulo de elasticidade	Aumenta	Coura (2009): com resíduo RMT em 100% de substituição na granulometria ótima	Acréscimo de até 77,63% conforme quadro 5
Coefficiente de Poisson	Aumenta	Coura (2009): com resíduo RMT em 100% de substituição na granulometria ótima e com $a/c = 0,50$	Acréscimo de até 58,62% conforme quadro 5
Absorção de água por capilaridade	Varia com o tipo de resíduo utilizado	Leite (2019): com resíduo R2 (de polimento) na porcentagem de 30% de substituição	Redução de até 41,67% conforme quadro 2
Absorção de água por imersão	Varia com o tipo de resíduo utilizado	Barbosa, Coura e Mendes (2008): com substituição da areia por 100% de RMT	Redução de até 13,04% conforme quadro 6
Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas	Aumenta	Apolinário (2014): com adição de 15% de RCMG	

Quadro 7 – Resumo do comportamento das propriedades dos materiais com uso de resíduos

Fonte: Os autores (2020).

Conforme visto no Quadro 7, uma série de vantagens do emprego desses resíduos como adição ou substituição total ou parcial do agregado miúdo podem ser verificadas em concretos e argamassas. Observa-se, de forma geral, ganhos de trabalhabilidade, de resistência, de módulo de elasticidade e redução da absorção de água em algumas dosagens. Essas já são propriedades muito significativas na qualidade de um concreto e argamassa e devem ser consideradas.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados encontrados, pode-se concluir que o uso de RIPO como substituição total ou parcial do agregado miúdo em concretos e argamassas ou como adição tem boa viabilidade técnica, tendo sido encontrados resultados equivalentes ou que indicam que as dosagem com esses resíduos equivalem ou até mesmo superam tecnicamente aquelas com areia natural.

Pode-se dizer também que algumas propriedades variam muito com o tipo de resíduo utilizado. Observou-se que resíduos com menos material pulverulento (como o RMT) mais se destacam no sentido de viabilizar e potencializar a viabilidade técnica das misturas que o utilizam.

Observou-se também que para cada propriedade avaliada, pode-se considerar

um percentual mais adequado de substituição e adição. Assim, a escolha da dosagem de substituição ou adição depende das necessidades de cada projeto.

Por fim, foi possível comprovar a viabilidade técnica das misturas com uso de resíduos da indústria de pedras ornamentais. Comprovada sua viabilidade técnica, pode-se obter, então, materiais ecológicos, sustentáveis, duráveis e econômicos, visto que o custo desses resíduos são inferiores aos da areia natural.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222 – Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522: Concreto – Determinação do Módulo de Deformação Estática e Diagrama tensão x deformação – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8802 – Concreto – Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778 – Massa específica, índice de vazios e absorção de água por imersão**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142– Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2016. 6p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630 - Argamassa para Assentamento e Revestimento de paredes e tetos – Determinação do Módulo de Elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica.** Rio de Janeiro, 2009.

APOLINÁRIO, E. C. A. **Influência da adição do resíduo proveniente do corte de mármore e granito (RCMG) nas propriedades de argamassas de cimento portland.** Salvador, 2014. 193p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.

BARBOSA, M. T. G., COURA, C. V. G., MENDES, L. O. **Estudo de areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto.** Ambiente Construído. V.8, n.4, PP 51-60, Out-Dez, 2008.

BAUER, L. A. F. (Org.). **Materiais de Construção.** 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 488 p. 1 v. Revisão técnica: João Fernando Dias.

BIGNO, I. C. **Aproveitamento do resíduo de corte de rochas ornamentais como fíler mineral em compósitos de matriz polimérica e cimentícia.** 2002. 175f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Fluminense, Niterói, 2002.

CHIODI Filho, Cid; RODRIGUES, Eleno de Paula. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos;** Projeto Bula / Cid Chiodi Filho; Eleno de Paula Rodrigues. - São Paulo: ABIROCHAS, 2009 118 p.

CORINALDESI, V.; MORICONI, G.; NAIK, T.R. **Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete.** Construction and building materials. Volume 24, Pág. 113-117, Jan, 2010.

COURA, C. V. G. **Análise experimental sobre a substituição do agregado miúdo por mármore triturado na confecção de concreto.** Niterói, 2009. 196p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.

GONÇALVES, J.P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para a produção de concreto.** Porto Alegre, RS. PPGEC/UFRGS. 2000. 135p., il. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000.

JOHN, V.M.J. **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 1999.

KORE, S. D.; VYAS, A. K. *Durability of concrete using marble mining waste*. J. Build. Mater. Struct. V.3, PP 55-67, Nov, 2016.

LEITE, F. R. **O potencial uso de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais como matéria prima em argamassas e sua avaliação do ciclo de vida (ACV)**. Sorocaba, 2019. 119p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista. Sorocaba, 2019.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2004 (Boletim Técnico, n. 359).

NASCIMENTO, I. E. **Estudo da utilização de resíduo de quartzito como agregado miúdo em concreto convencional**. Angicos, 2018. 47p. Trabalho de fim de curso – Universidade Federal Rural do Semi-árido. Angicos, 2018.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais – Pesquisa, Lavra e Beneficiamento**. 1.ed. Rio de Janeiro, Brasil: CETEM/MCTI, 2013. 677p. ISBN: 987-85-8261-005-3

## 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](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 3



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021