



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

4

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

4

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

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. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª 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 José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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<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. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
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 – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-171-8            DOI 10.22533/at.ed.718200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil.            I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 4” conta vinte e um capítulos sobre estudos realizados nas diversas áreas da engenharia civil.

A crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais exige a busca por novas alternativas no uso de materiais de construção. A presente obra oferece vários estudos em que resíduos de diferentes materiais sejam utilizados na construção civil.

Em consonância com o meio ambiente, apresentamos estudos sobre obras de saneamento, com a finalidade de promover a saúde e melhoria na qualidade de vida de uma determinada população.

São apresentadas pesquisas sobre patologias na construção civil e obras de pavimentação, o que permite o desenvolvimento de planos de manutenção e prevenção de novas patologias.

Por fim, apresentamos estudos sobre o comportamento estrutural em determinadas obras, e pesquisas sobre as diferentes demandas que a engenharia civil nos proporciona.

Desejamos que esta obra desperte ao leitor para a aplicação e desenvolvimento de novas pesquisas, com o objetivo de enriquecer ainda mais os estudos nas diversas atuações da engenharia civil. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA AUTONIVELANTE	
Augusto Felipe Chiella Vinícius Felipe Chiella Nathália Cortes Tosi Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE PÓ DE VIDRO COMO UMA ADIÇÃO MINERAL EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA, EM CONJUNTO AO EMPREGO DE MICROSSÍLICA	
Vinícius Felipe Chiella Augusto Felipe Chiella Nathália Cortes Tosi Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>35</b>
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BLOCOS DE CONCRETO COMUNS E BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CELULOSE PROVENIENTE DE PAPEL RECICLADO	
Mariana de Sousa Prazeres Eduardo Aurélio Barros Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>49</b>
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO EMPREGO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO	
Nathália Cortes Tosi Augusto Felipe Chiella Vinícius Felipe Chiella Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>61</b>
USO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA (CBC) COMO REMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND – CASO COLOMBIA	
Juan Pablo Izquierdo Jimenez Maria Juliana Alvarez Arias Manuel Alejandro Rojas Manzano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>79</b>
ESTUDO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO LIGNOCELULÓSICO COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO	
Bruna Ferraz Carvalho Dantas Carlos Fernando de Araújo Calado Aires Camões	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7182009076</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 97**

ESTUDO DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) DE MACEIÓ, COMO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO

Raone Bruno de Oliveira Silva  
Renato Antônio Santos Rolim  
Marcos André Melo Teixeira  
Pedro Gustavo dos Santos Barros

**DOI 10.22533/at.ed.7182009077**

**CAPÍTULO 8 ..... 114**

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE COBRE DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

Vinicius Lemos Pereira  
Douglas Martins Sousa  
Alan Monteiro Borges  
Lygia Maria Policarpio Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.7182009078**

**CAPÍTULO 9 ..... 124**

GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM JOÃO PESSOA: ESTUDO COMPARATIVO DO FLUXO DE ENTRADA NA USIBEN ENTRE OS PERÍODOS 2009/2010 E 2015/2018

Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel  
Gilson Barbosa Athayde Junior  
Cristine Helena Limeira Pimentel  
Samyr Sampaio Freire

**DOI 10.22533/at.ed.7182009079**

**CAPÍTULO 10 ..... 133**

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA MICROBACIA DO ARROIO BARRAÇÃO, MUNICÍPIO DE GUAPORÉ-RS

Fernando Frigo Migliorini

**DOI 10.22533/at.ed.71820090710**

**CAPÍTULO 11 ..... 138**

ANÁLISE DE ESTUDO DO RECALQUE DE EDIFICAÇÃO SITUADA EM ZONA SUL DA CIDADE DE QUITO - EQUADOR

Alexis Enríquez León

**DOI 10.22533/at.ed.71820090711**

**CAPÍTULO 12 ..... 149**

PATOLOGIA EM LAJES MACIÇAS DE EDIFÍCIO EMPRESARIAL

Bruno Matos de Farias  
Ronaldo Garcia da Costa  
Rebecca Alves da Silva  
José Ricardo Cardoso Domingues

**DOI 10.22533/at.ed.71820090712**

**CAPÍTULO 13 ..... 164**

LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DE VIAS URBANAS DE MACAPÁ-AP

Beatriz da Silva de Brito  
Alinne Emely dos Santos Duarte  
Paulo Victor Prazeres Sacramento  
Ruan Fabrício Gonçalves Moraes  
Orivaldo de Azevedo Souza Junior

DOI 10.22533/at.ed.71820090713

**CAPÍTULO 14 ..... 179**

AVALIAÇÃO OBJETIVA E SUBJETIVA EM SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EM TRECHO URBANO – ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE ESTAÇÕES DE AVALIAÇÃO EM SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS

Gustavo da Silva Schiavon

DOI 10.22533/at.ed.71820090714

**CAPÍTULO 15 ..... 193**

IMPACTO NO NÍVEL DE SOLICITAÇÕES DOS PILARES POR DIFERENTES MODELOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL

Ray Calazans dos Santos Silva

Luan Reginato

Danilo Pereira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.71820090715

**CAPÍTULO 16 ..... 209**

SAPATAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE CÁLCULO ANALÍTICO POR MEIO DAS BIELAS-TIRANTES E O MEF (2D)

Denise Itajahy Sasaki Gomes Venturi

Matheus Rangel Venturi

DOI 10.22533/at.ed.71820090716

**CAPÍTULO 17 ..... 224**

VIGAS DE PONTES PROTENDIDAS ENTRE 20 E 40 METROS

Leonardo Lunkes Wagner

Denizard Batista de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.71820090717

**CAPÍTULO 18 ..... 238**

PLANO DE MOBILIDADE URBANA – PMU: UMA BREVE ANÁLISE DA LEI 12.587/2012

Rodrigo Marques do Nascimento

Fábio Mendes Ramos

Daniel Martins Nunes

DOI 10.22533/at.ed.71820090718

**CAPÍTULO 19 ..... 248**

NOVO LABORATÓRIO DO CURSO DE EDIFICAÇÕES DO IFPA

Luciano Costa de Farias

Marcelo Martins Farias

Wellen Patrícia Farias dos Reis

Celestina de Lima Rezende Farias

Cleydimara Aquino de Brito

DOI 10.22533/at.ed.71820090719

**CAPÍTULO 20 ..... 256**

A QUALIFICAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NO MERCADO ATUAL E O SEU IMPACTO DE CUSTO PARA UMA EMPRESA FORMAL

Rafaela Cardoso Galace

Flávia Aparecida Reitz Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.71820090720

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>267</b>
ANÁLISE OBSERVACIONAL GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UM TRECHO DA RODOVIA DO CAFÉ Amanda Fernandes de Oliveira Leonardo Cesar de Souza Sowinski Gabrielly De Souza dos Santos Alex Sandro da Costa Mariana Alher Fernandes DOI 10.22533/at.ed.71820090721	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>280</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>281</b>

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE COBRE DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

*Data de aceite: 01/06/2020*

*Data de Submissão: 02/04/2020*

### **Vinicius Lemos Pereira**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará,  
Faculdade de Engenharia Civil  
Marabá – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/3121096213406534>

### **Douglas Martins Sousa**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará,  
Secretaria de Infraestrutura  
Marabá – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/9816394490680528>

### **Alan Monteiro Borges**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará,  
Departamento de Materiais de Construção Civil  
Marabá – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/3697783631620731>

### **Lygia Maria Policarpio Ferreira**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará,  
Departamento de Materiais de Construção Civil  
Marabá – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/9330364336746799>

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo a reutilização de rejeito de minério de cobre proveniente da mina do Sossego, localizada na província mineral de Carajás-PA, como

substituição parcial do agregado miúdo na produção de argamassas de baixo custo. A substituição prevê a redução do uso de recursos naturais na produção de argamassa convencional, promovendo a consequente redução de impactos ambientais causados pela disposição deste resíduo. A análise granulométrica do rejeito de cobre foi realizada e evidenciou predominância de fração areia em relação aos demais tamanhos de grãos. Assim, visando a utilização da maior quantidade de rejeito possível, o estudo utilizou porcentagens de 50%, 60% e 70% de substituição do agregado miúdo por rejeito de cobre na produção das argamassas. Ensaios de compressão uniaxial, compressão diametral e absorção de água por capilaridade, para idades de cura equivalentes a 14 e 28 dias, foram realizados em conformidade com as normas vigentes. Posteriormente, os resultados foram comparados com uma mistura de controle, sem adição de rejeito. Adicionalmente, foi realizada análise de difração de raios X para caracterização do rejeito de cobre. Os resultados obtidos apresentaram propriedades aceitáveis de acordo com a norma. Desta forma, é possível dizer que o rejeito de cobre apresenta potencial para ser substituto parcial de agregados miúdos na produção de argamassas de baixo custo, garantindo dessa

maneira, a redução do impacto ambiental do rejeito disposto de forma ambientalmente inadequada, além da diminuição da exploração de recursos naturais para produção de argamassas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rejeito de Cobre, Argamassa, Resistência Mecânica, Baixo Custo, Sustentabilidade.

## EVALUATION OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MORTARS WITH ADDITION OF COPPER ORE TAILINGS FROM CARAJÁS PROVINCE

**ABSTRACT:** In this work, the objective is to reuse copper tailings from the Sossego mine, located in the Carajás-PA mineral province, as a partial replacement of the small aggregate in the production of low cost mortars. In addition, the replacement provides for the reduction of the use of natural resources in the production of conventional mortar and environmental impacts by the disposal of this residue. The granulometric analysis of the copper tailings showed predominance of sand fraction in relation to the other grain sizes. Thus, the study used percentages of 50%, 60% and 70% of replacement of the small aggregate by copper tailings in the production of mortars, to perform standardized tests of uniaxial compression, diametrical compression and capillary water absorption, which were performed with 7 and 28 days of the healing of the specimens. Subsequently, the results were compared with a control mixture with 0% of tailings. In addition, X-ray diffraction analysis and scanning electron microscopy were performed to characterize the copper tailings. The results obtained showed acceptable properties according to the norm, since the copper waste had the potential to be a partial substitute of small aggregates in the production of low cost mortars, thus guaranteeing the reduction of the environmental impact of the waste disposed in an environmentally inadequate way, besides of the exploitation of natural resources for the production of mortars.

**KEYWORDS:** Copper tailings, mortars, mechanical strength, low cost, sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Uma enorme quantidade de resíduo é produzida a partir das atividades de mineração, porém o destino desses materiais sem valor econômico nem sempre é ecologicamente adequado. O reaproveitamento dos resíduos gerados por atividades de mineração tem grande importância no cenário ambiental e socioeconômico, pois o aproveitamento desse material pode promover antecipada recuperação das áreas utilizadas como depósito de rejeitos, levando a um menor impacto ambiental. A crescente demanda por bens minerais, em conjunto com seus depósitos de rejeitos com altos teores de metais, aliada à crescente demanda por agregados no setor da construção civil, faz surgir a necessidade de novas alternativas para atender esses setores que possuem relevância no desenvolvimento econômico e qualidade de vida da população (TRINDADE et al., 2015).

O rejeito de cobre é obtido através do beneficiamento do minério de cobre. Trindade

et al. (2015) descreve o tratamento de minério de cobre como um processo constituído pela separação física dos minerais de interesse, calcopirita e bornita, da ganga, que não apresenta valor econômico, como os feldspatos e quartzo, entre outros. Segundo Bridge (2000), o rejeito consiste em um conjunto de rocha britada, água e pequena quantidade de reagentes. Após o rejeito ser disposto em barragem, com o tempo, a fração líquida se separa da sólida. Além disso, os resíduos da fase de fundição consistem em partículas de poeira, gases como óxido de enxofre e nitrogênio, e uma escória sólida recuperada do forno. Em seu trabalho, Iglesia (2006 apud THOMAS et al., 2013) explica que a quantidade de cobre contida no rejeito despejado possui grande impacto sobre a composição da comunidade bacteriana de solos expostos ao rejeito, e os resultados do experimento apresentaram uma quantidade de bactérias significativamente menor em relação aos solos não expostos à poluição por metais presentes no rejeito.

As análises granulométricas do rejeito de cobre da mina de Camaquã por Trindade (2015), apresentaram predominância da fração areia em comparação aos demais tamanhos de grãos. A representatividade das porções de Silte nas amostras são significativas, em contrapartida, as frações de argila e cascalho são muito reduzidas. A caracterização mineralógica realizada por técnicas de Difração de Raios-X (DRX) do rejeito de cobre da mina do Sossego na pesquisa de Nascimento et al. (2014) evidenciou a presença dos seguintes minerais: Actinolita, Albita, Biotita, Clinocloro e Quartzo. Os quais, de acordo com Sousa et al. (2018), exercem influência direta nas propriedades de rigidez dos concretos e argamassas, quando utilizados em substituição parcial de areia natural por rejeito de cobre.

Na pesquisa de Sousa et al. (2018), onde foi realizada a substituição parcial de até 45% do agregado miúdo por rejeito de cobre na produção de concreto, os resultados apresentaram até 15% de aumento de resistência mecânica do concreto produzido quando comparado ao traço de referência. Nos estudos de Thomas, Damare e Gupta (2013), a substituição parcial alcançou até 60% aumento de resistência mecânica do concreto, para diferentes relações de água cimento. Onuaguluchi e Eren (2012) realizaram um estudo objetivando a reutilização do rejeito de minério de cobre como aditivo em argamassas de cimento, obtendo resultados de maior resistência mecânica e resistência à abrasão, como influência dessa adição.

Desta forma, o presente trabalho busca estudar o reaproveitamento do rejeito de minério de cobre da mina do Sossego através da substituição parcial de agregado miúdo na produção de argamassas, visando a diminuição da demanda de agregados naturais na indústria da construção civil. Por fim, é ainda objetivo desse trabalho contribuir com a redução de impactos ambientais provocados tanto pela disposição do rejeito de cobre nas barragens da mineradora, quanto da exploração da areia natural como matéria prima no setor da construção civil.

## 2 | MATERIAIS E METODOLOGIA

### 2.1 Materiais

Os materiais utilizados no programa experimental foram cimento CP II E, cujas características químicas, físicas e mecânicas estão de acordo com a NBR-16697 (ABNT, 2018), areia natural e rejeito de minério de cobre, este último proveniente da mina do Sossego, localizada na província mineral de Carajás.

### 2.2 Metodologia

#### *2.2.1 Caracterização da matéria prima*

O rejeito de minério de cobre foi caracterizado segundo sua granulometria e difração de raios X (DRX); a areia, por sua vez, foi caracterizada segundo sua granulometria. O ensaio granulométrico para os dois materiais seguiu em conformidade com o disposto na NBR 7181 (ABNT, 2016).

Para a realização da análise de DRX do rejeito de cobre foi separada uma amostra de 10 g, compreendendo faixa granulométrica menor que 0,075 mm. Após realizada a análise, foi utilizado o programa High Score® na leitura dos dados, com o auxílio da base de dados ICSD - Inorganic Crystal Structure Database.

#### *2.2.2 Fabricação e caracterização dos corpos de prova*

Conforme proposto, foram elaboradas quatro proporções diferentes de mistura para a argamassa de revestimento de cimento, com porcentagens de substituição de 50 %, 60 % e 70 % de areia por rejeito de cobre. Uma mistura de controle, sem adição de rejeito, foi utilizada para comparação dos resultados; a relação água-cimento de 0,5 foi adotada. O rejeito foi peneirado com a finalidade de obtenção da fração de areia fina, com módulo de finura de 1,33. A Tabela 1 contém a discriminação das amostras em relação ao teor de substituição.

A fabricação dos corpos de prova seguiu as especificações da NBR 7215 (ABNT, 2019), com utilização de misturador mecânico. Após a homogeneização da argamassa, as misturas foram compactadas em moldes cilíndricos com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, previamente preparados com desmoldante. 24 horas após a compactação, os corpos de prova foram imersos em água saturada em cal e ensaiados com idades de cura de 14 e 28 dias.

Amostra	Rejeito (%)	Quantidade de CP's
RMC 0	0	18
RMC 50	50	18
RMC 60	60	18
RMC 70	70	18

Tabela 1 – Discriminação das Amostras em função do teor de substituição.

A Tabela 2 apresenta o traço de referência adotado, segundo a NBR 7215, para argamassas compostas por uma parte de cimento e três de areia, além dos respectivos traços de substituição de 50%, 60% e 70%.

Traço	Cimento	Areia	Rejeito	a/c
RMC 0	1	3	0	0,5
RMC 50	1	1,5	1,5	0,5
RMC 60	1	1,2	1,8	0,5
RMC 70	1	0,9	2,1	0,5

Tabela 2 – Traços adotados na fabricação de corpos de prova.

#### *2.2.2.1. Compressão uniaxial*

A determinação da resistência à compressão uniaxial dos corpos de prova, tanto de controle quanto com diferentes porcentagens de substituição do agregado miúdo por rejeito, seguiram as especificações da NBR 7215. Para realização do ensaio, os corpos de prova foram centrados rigorosamente em relação ao eixo de carregamento, e receberam aplicação de carregamento constante.

#### *2.2.2.2. Compressão diametral*

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos foi realizado conforme a NBR 7222 (ABNT, 2010); os corpos de prova foram colocados de forma que o plano axial coincidisse com o eixo de aplicação da carga.

#### *2.2.2.3 Absorção de água por capilaridade*

Os ensaios de absorção de água por capilaridade seguiram as especificações da NBR 9779 (ABNT, 2012). Um recipiente com água foi usado para realizar o ensaio de absorção, onde os corpos de prova foram apoiados sobre suportes na base inferior do recipiente para não tocar o fundo. Os corpos de prova foram imersos de modo que o nível de água permanecesse constante em 5 mm acima da face inferior, evitando assim a molhagem de outras superfícies.

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Caracterização da matéria prima

#### 3.1.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica do rejeito de minério de cobre evidenciou predominância da fração areia, com dimensões entre 0,5 a 0,106 mm, em relação aos demais tamanhos de grãos. Ao comparar os resultados de avaliação granulométrica do rejeito de cobre e da areia natural, foi possível notar a presença de uma quantidade significativa de particulado fino para o rejeito, característica justificada pelo próprio processo de beneficiamento do minério de cobre. A Tabela 4 apresenta os resultados da análise granulométrica da areia e do rejeito, além das peneiras utilizadas no ensaio.

Número Peneira ABNT	Abertura Peneira (mm)	Agregado Miúdo		Rejeito de Cobre	
		% Retida	% Passante	% Retida	% Passante
14	1,18	3,23	95,79	4,21	95,79
40	0,5	46,94	49,83	19,44	76,36
45	0,355	14,63	35,2	5,29	71,07
70	0,212	33,32	1,88	33,59	37,47
120	0,125	1,64	0,24	19,55	17,93
140	0,106	0,09	0,15	8,06	9,87
200	0,075	0,06	0,09	5,36	4,51
Fundo	< 0,075	0,09	0	4,51	0

Tabela 4 – Resultado da análise granulométrica do agregado miúdo e rejeito de minério de cobre.

#### 3.1.2 Difração de raios X

A análise de difratometria do rejeito de cobre comprovou a predominância dos seguintes minerais: Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), representado pelo Padrão 01-085-0794 e ICSD 27826, Clinocloro de sistema cristalino monoclinico com Padrão 01-079-1270 e ICSD 066258, Actinolita com Padrão 01-085-2157 e ICSD 79832, Albita ( $\text{Na(AlSi}_3\text{O}_8)$ ) com Padrão 01-080-1094 e ICSD 068913 e a Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) com Padrão 01-082-1533 e ICSD 75627. A Figura 1 apresenta a organização cristalina dos minerais, a partir do difratograma obtido.

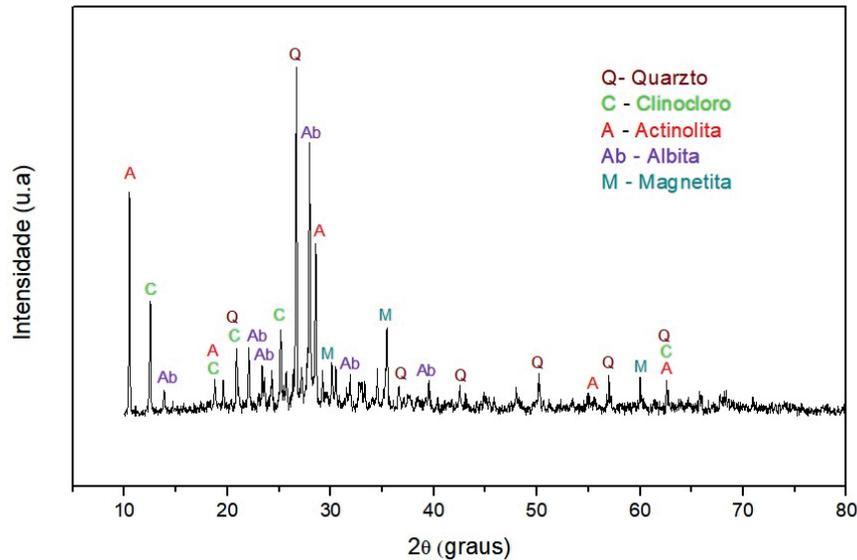


Figura 1 – Difratograma do rejeito de minério de cobre

### 3.2 Compressão uniaxial

Os resultados de resistência à compressão uniaxial obtidos nos testes mecânicos, realizados conforme NBR 7215, para 14 e 28 dias de cura, são apresentados no Gráfico 1.

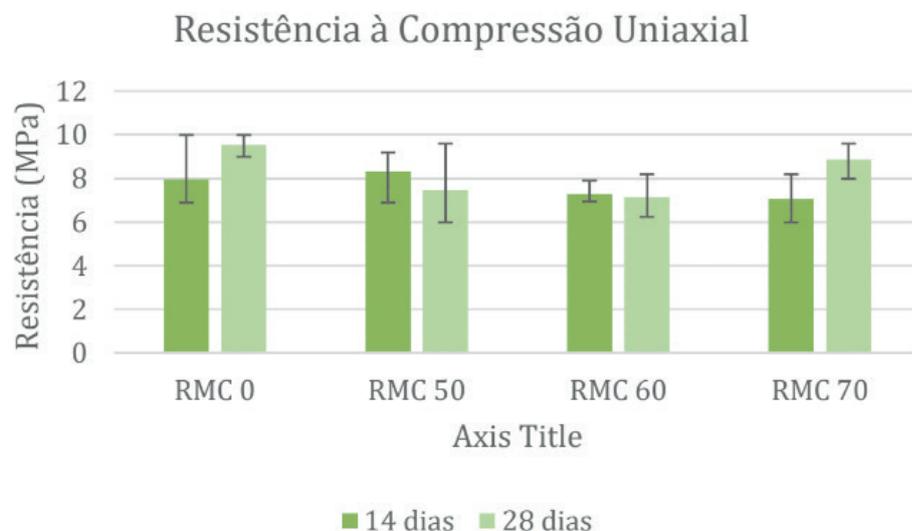


Gráfico 1 – Resultados da resistência à compressão diametral aos 14 e 28 dias de cura.

De maneira geral, considerando o desvio padrão, observa-se que houve pouca variação da resistência mecânica à esforços de compressão uniaxial com a adição do rejeito de minério de cobre, se comparado ao traço de referência. Para 14 dias de cura observou-se que, para os teores de substituição das amostras RMC 60 e RMC 70, houve uma redução na média da resistência respectivamente de 8,54% e 11,03%, quando comparado à média de RMC 0. Aos 28 dias, tanto as amostras de RMC 50 quanto de RMC 70 se mantiveram na média em relação a amostra de controle RMC 0. No entanto, o comparativo das amostras de RMC 60 apresentaram resultados 13,07% menores, para

a idade de cura.

### 3.3 Compressão diametral

De maneira geral, os resultados de resistência à compressão diametral mostraram-se satisfatórios, se comparados aos resultados de compressão uniaxial. Os resultados desse ensaio são apresentados no Gráfico 2, e mostram uma variação entre 15 e 20 MPa de resistência. Aos 14 dias de cura as amostras de RMC 60 e RMC 70 apresentaram um ganho satisfatório de resistência em relação à média das amostras de controle RMC 0, com cerca de 5,98% de aumento na resistência mantendo-se igualmente equiparado. Para 28 dias de cura, os resultados apresentaram-se diferentes, evidenciando um decréscimo da resistência à tração por compressão diametral. Esse resultado pode ser justificado com base na composição mineralógica do rejeito, conforme apresentado pelo difratograma de raios X, onde parte do particulado apresenta características de minerais mais rígidos, desta forma, quanto maior o percentual de rejeito na mistura, menor a resistência a tração da argamassa.

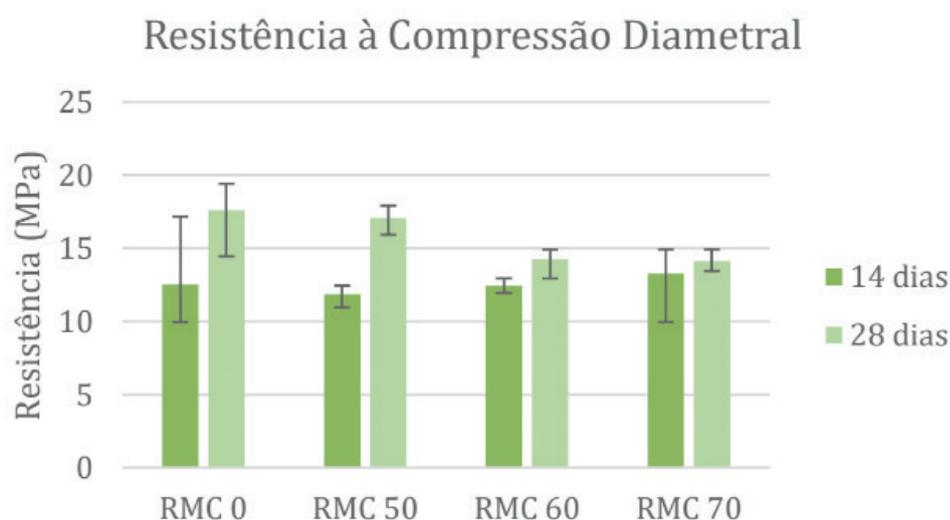


Gráfico 2 – Resultados da Resistência à Compressão Diametral aos 14 e 28 dias de cura.

### 3.4 Absorção de água por capilaridade

A evolução da absorção por capilaridade aos 14 e 28 dias de cura é apresentada nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. A média de ascensão capilar aumentou com o aumento do teor de rejeito. Esse fato é justificado, principalmente em função da faixa granulométrica do rejeito utilizado (0,063 a 0,25 mm). A baixa presença de particulado fino desfavoreceu a compactação e o preenchimento de espaços vazios, permitindo uma maior transferência de umidade por capilaridade. Neste caso, a utilização de argamassa com substituição de 50% de areia por rejeito seria a condição mais adequada para aplicação em ambientes externos. As imagens apresentadas na Figura 2 confirmam a evolução da ascensão de água por capilaridade.

Resultados 14 dias					
Média de Absorção	Absorção após 3h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 6h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 24h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 48h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 72h (g/cm <sup>2</sup> )
RMC 0	0,46	0,52	0,64	0,69	0,74
RMC 50	0,36	0,45	0,62	0,69	0,77
RMC 60	0,47	0,57	0,75	0,82	0,92
RMC 70	0,66	0,71	0,84	0,89	0,94

Tabela 5 – Resultados de absorção de água por capilaridade aos 14 dias de cura.

Resultados 28 dias						
Média de Absorção	Absorção após 3h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 6h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 24h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 48h (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção após 72h (g/cm <sup>2</sup> )	Média da Ascensão Capilar (cm)
RMC 0	0,37	0,43	0,59	0,65	0,67	4,5
RMC 50	0,72	0,79	0,89	0,92	0,95	6,33
RMC 60	0,72	0,83	0,96	1	1,01	6,23
RMC 70	1,13	1,21	1,33	1,36	1,36	8,28

Tabela 6 – Resultados de absorção de água por capilaridade aos 28 dias de cura.

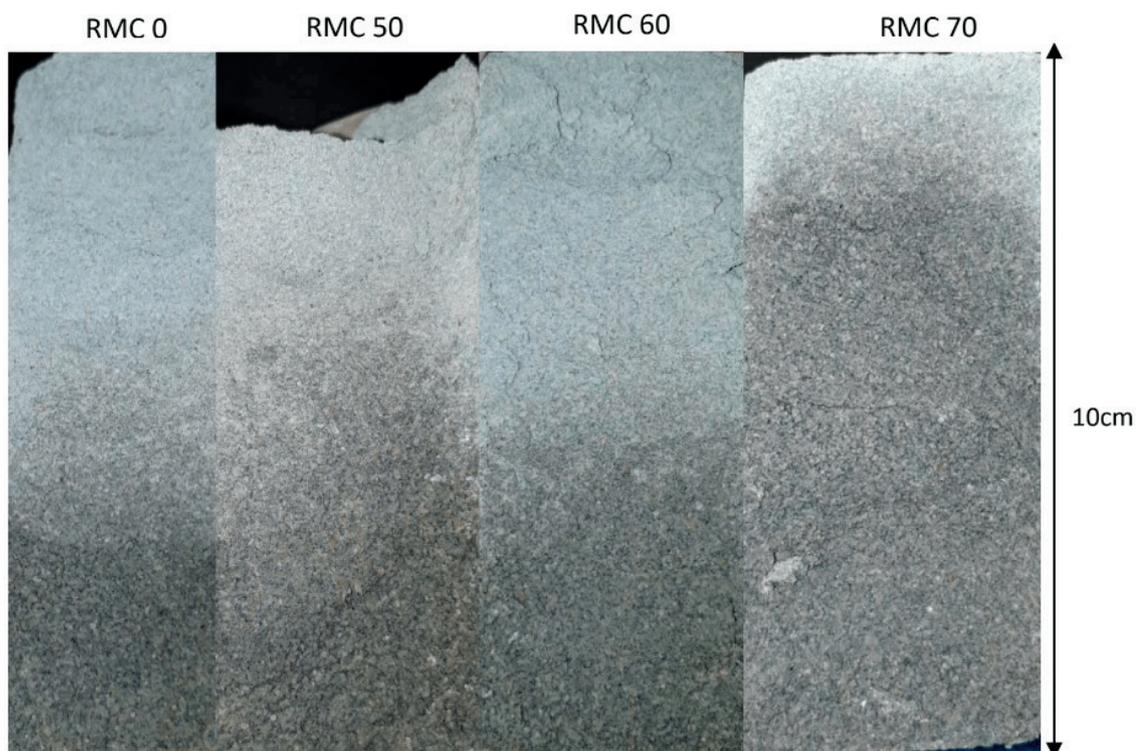


Figura 2 – Evolução da ascensão de água por capilaridade nos corpos de prova com 10 cm de diâmetro.

## 4 | CONCLUSÃO

A disposição inadequada do rejeito de minério de cobre, aliada ao número de barragens de rejeito ao redor do mundo e a crescente demanda na exploração de agregados naturais para o setor de construção civil, leva a uma grande preocupação ambiental. Os casos

recentes de rompimento de barragens, não só levam a uma ampliação da busca por alternativas viáveis para melhorar a segurança dessas barragens, como também a busca por maneiras viáveis de reaproveitamento dos rejeitos estocados.

Dessa maneira, considerando que o objetivo principal do trabalho é reaproveitar o máximo de rejeito possível, os resultados obtidos mostram a possibilidade de aplicação da argamassa para teores de 50% de substituição parcial do agregado miúdo por rejeito de cobre na constituição. A utilização de teores maiores que 50%, por sua vez, precisa ser melhor estudada e avaliada, em diferentes mecanismos de fabricação, visando a melhor compreensão sobre os mecanismos de influência na resistência envolvidos.

## REFERÊNCIAS

NBR 7215: **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndrico**. Rio de Janeiro, 2019.

NBR 16697: **Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

NBR 7222: **Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndrico**. Rio de Janeiro, 2010.

NBR 9779: **Argamassas e concretos endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 2012.

NBR 7181: **Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

DE OLIVEIRA TRINDADE, A., et al. **Caracterização dos rejeitos das minas do Camaquã para reaproveitamento sustentável**. Revista Monografias Ambientais, v. 14, p. 116-132, 2015.

BRIDGE, G. **The social regulation of resource access and environmental impact: production, nature and contradiction in the US copper industry**. Geoforum, v. 31, n. 2, p. 237–256, maio 2000.

THOMAS, B. S.; DAMARE, A.; GUPTA, R. C. **Strength and durability characteristics of copper tailing concrete**. Construction and Building Materials, v. 48, p. 894–900, nov. 2013.

NASCIMENTO, J. C. et al. **Caracterização de resíduos sólidos da barragem de rejeitos da mina do sossego (Canaã dos Carajás-PA)**. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n. 2, p. 7586-7593, 2015.

ONUAGULUCHI, O.; EREN, Ö. **Recycling of copper tailings as an additive in cement mortars**. Construction and Building Materials, v. 37, p. 723–727, dez. 2012.

SOUSA, D.M. et al. **Influência da utilização de rejeito de cobre em substituição parcial do agregado miúdo na produção de concreto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 60., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: IBRACON, 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adição Mineral 1, 2, 3, 4, 7, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 31

Adiciones Minerales 62

Agregado Cerâmico 49, 53, 55, 57, 58

Análise Estrutural 193, 194, 208, 217

Argamassa 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 26, 30, 33, 46, 49, 51, 57, 58, 59, 81, 85, 86, 90, 95, 96, 97, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 121, 123, 149, 153, 157, 158, 159, 160

Argamassa de Assentamento 49, 113

Argamassas 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 21, 25, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 79, 80, 82, 83, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 114, 115, 116, 118, 123, 130, 132

Autonivelante 1, 2, 3, 4, 9, 15, 16

Avaliação Funcional 165

### B

Baixo Custo 59, 114, 115, 239, 261

Bioetanol 64, 79, 80, 81, 95

### C

Canalização 133, 136

Cimento 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76

Colombia 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 74, 75, 76

Concreto 15, 17, 18, 19, 20, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 59, 60, 61, 62, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 95, 96, 100, 101, 105, 108, 116, 123, 128, 129, 130, 139, 140, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 161, 162, 163, 169, 199, 201, 202, 207, 208, 210, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 233, 236, 237, 269

Construção 1, 2, 3, 16, 36, 38, 46, 47, 48, 49, 50, 59, 60, 79, 80, 86, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 122, 124, 125, 126, 130, 131, 132, 139, 141, 144, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 157, 161, 162, 163, 164, 177, 179, 185, 194, 210, 237, 243, 246, 247, 248, 250, 255, 256, 257, 259, 260, 261, 264, 265

Contrapiso 2, 3, 15, 104

### D

Demolição 49, 52, 59, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 124, 126, 132

Dimensionamento 133, 134, 135, 136, 137, 152, 197, 210, 213, 217, 221, 224, 225, 226, 229, 230, 231, 235, 237

Drenagem em Pavimentos 165

## E

Edifício Empresarial 149, 150

Elementos Finitos 209, 210, 213, 216, 217, 219, 221, 222, 223

Esgotamento Sanitário 133, 134, 135, 137

## F

Fundações 147, 209, 210, 211, 213, 223

## G

Granito (RCMG) 1, 2

## L

Laje Maciça 150, 152, 153, 154

Lignina 80, 81, 82, 83, 96

## M

Macapá 164, 165, 170, 171, 174, 175, 177, 178

## P

Patologia 33, 149, 150, 151, 162, 163, 167, 178

Pavimentos 74, 130, 151, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 175, 178, 180, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 201, 204, 205, 206, 207, 208

Pavimentos Isolados 193, 195, 197, 198, 199, 204, 205, 207, 208

Pilar 156, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 205, 206, 214, 215

Pórtico Plano 193, 195, 199, 204, 205, 206, 207, 208

## R

Recalque 138, 142, 145

Reciclagem de RCD, 49

Redes Coletoras 133, 136

Rejeito de Cobre 114, 115, 116, 117, 119, 123

Resíduo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 79, 80, 81, 82, 83, 90, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 103, 114, 115, 132

Resíduo de Corte 1, 2, 3, 4, 15

Resíduo Reciclado 2

Resistência Mecânica 12, 14, 15, 17, 49, 51, 54, 55, 56, 57, 105, 115, 116, 120

Risco 138, 139, 147, 195, 226, 251, 255

## S

Saneamento 107, 133, 134, 135, 137, 178, 182, 240, 279

Sapatas 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 223

Solo 69, 71, 123, 135, 138, 139, 141, 143, 146, 147, 166, 168, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 220, 221, 222, 240, 267, 268, 269, 272, 273, 274, 276, 277, 279

Subsistência 138, 147

Sustentabilidade 80, 115, 240

## T

Teoria da Elasticidade 209

## V

Vigas 156, 157, 195, 196, 198, 199, 201, 208, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**