



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^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
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>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
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

CAPÍTULO 1	1
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	
DOI 10.22533/at.ed.7182009071	
CAPÍTULO 2	17
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	
DOI 10.22533/at.ed.7182009072	
CAPÍTULO 3	35
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	
DOI 10.22533/at.ed.7182009073	
CAPÍTULO 4	49
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	
DOI 10.22533/at.ed.7182009074	
CAPÍTULO 5	61
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	
DOI 10.22533/at.ed.7182009075	
CAPÍTULO 6	79
ESTUDO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO LIGNOCELULÓSICO COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO	
Bruna Ferraz Carvalho Dantas Carlos Fernando de Araújo Calado Aires Camões	
DOI 10.22533/at.ed.7182009076	

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

CAPÍTULO 21	267
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	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	280
ÍNDICE REMISSIVO	281

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 (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 (Fe_3O_4) com Padrão 01-082-1533 e ICSD 75627. A Figura 1 apresenta a organização cristalina dos minerais, a partir do difratograma obtido.

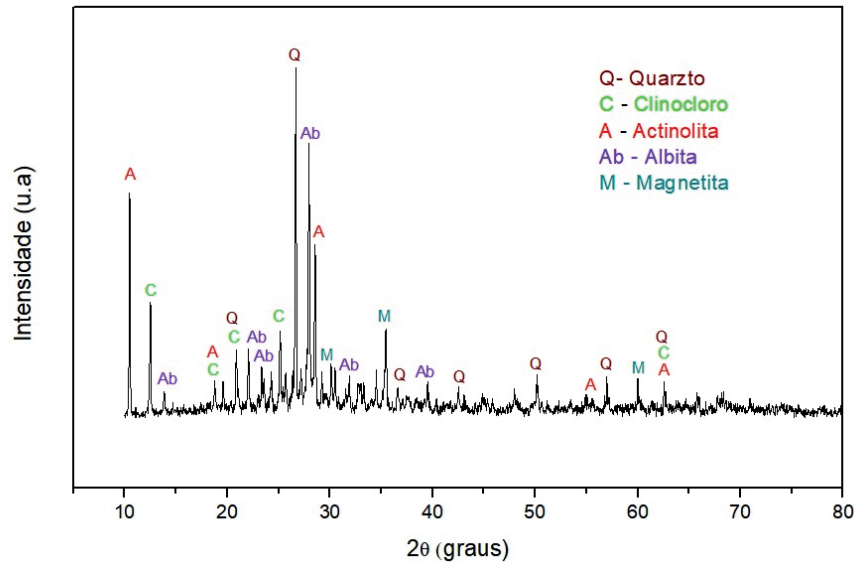


Figura 1 – Difratograma do rejeito de minério de cobre

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.

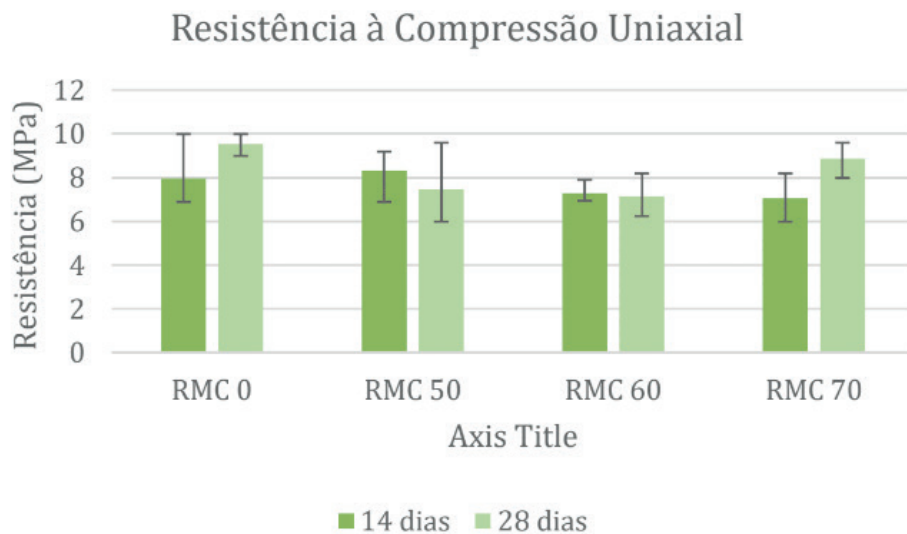


Gráfico 1 – Resultados da resistência à compressão diametral aos 14 e 28 dias de cura.

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.

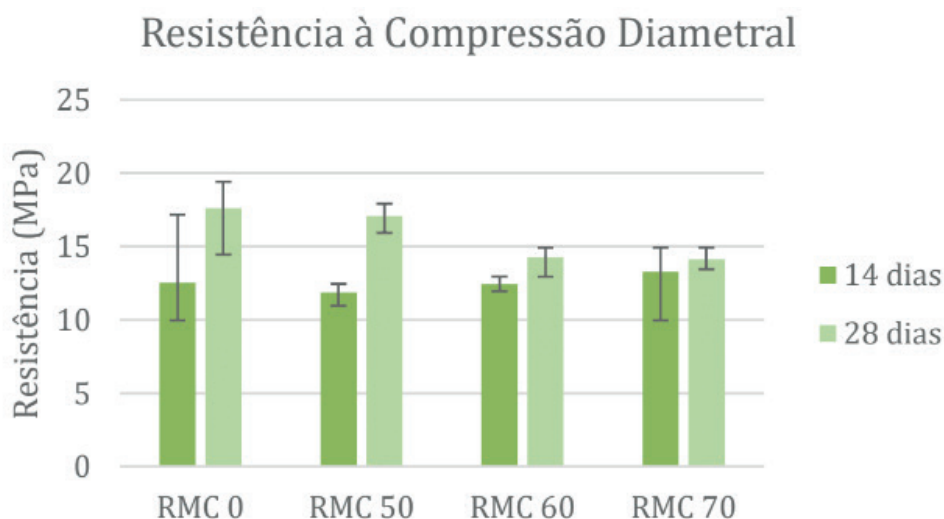


Gráfico 2 – Resultados da Resistência à Compressão Diametral aos 14 e 28 dias de cura.

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 ²)	Absorção após 6h (g/cm ²)	Absorção após 24h (g/cm ²)	Absorção após 48h (g/cm ²)	Absorção após 72h (g/cm ²)
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 ²)	Absorção após 6h (g/cm ²)	Absorção após 24h (g/cm ²)	Absorção após 48h (g/cm ²)	Absorção após 72h (g/cm ²)	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.

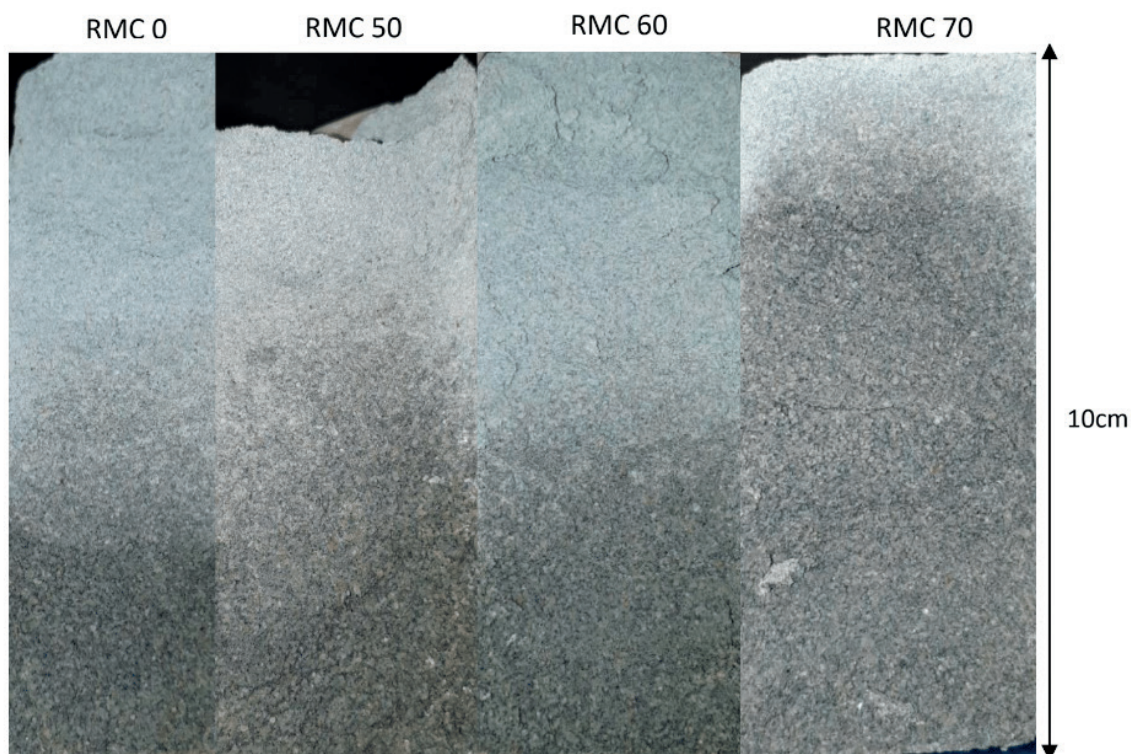


Figura 2 – Evolução da ascensão de água por capilaridade nos corpos de prova com 10 cm de diâmetro.

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