

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de 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
Profª Drª 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
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
Profª Drª 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
Profª Drª 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
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
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
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adailson 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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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
Profª 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
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: David Emanuel Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil
/ Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-387-3

DOI 10.22533/at.ed.873202109

1. Construção civil – Aspectos econômicos – Brasil. I.
Tullio, Franciele Braga Machado.

CDD 624

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

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

É sabido que a engenharia civil possui uma grande importância no contexto social no país, uma vez que através dela é possível projetar habitações com fins sociais.

Da mesma forma, a engenharia civil proporciona soluções sustentáveis, através de aplicações lean construction ou ainda no desenvolvimento de sistemas que garantem o saneamento básico, proporcionando qualidade de vida a comunidade.

Este livro aborda também pesquisas sobre o comportamento de materiais de construção, e proposta de novos materiais com a finalidade de avançar na construção civil ou conhecer seu comportamento em determinadas situações críticas.

Apresentamos também estudos sobre patologias na construção civil, a fim de entender seus efeitos e buscar alternativas para evitá-las.

Por fim, apresentamos um estudo sobre a forma de ensinar engenharia, de modo que esta área tão técnica seja valorizada como uma solução que pode transformar o país.

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

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA BIM E FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABITAÇÃO

Daniel Pacheco Albuquerque

José Luis Menegotto

DOI 10.22533/at.ed.8732021091

CAPÍTULO 2..... 18

LEAN CONSTRUCTION: VANTAGENS DE SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Marcos Vinicius Oliveira de Sá

Keven Costa Ribeiro

Marcela Andrade de Carvalho

Alexandre José de Andrade Malheiros

Wanderson Santos Silva

David Murad Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.8732021092

CAPÍTULO 3..... 25

CRESCIMENTO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SINOP/MT E SUA RELAÇÃO COM OS PRINCIPAIS IMPOSTOS (ISSQN E INSS)

Fernando Dante Morari

Maria Fernanda Fávero Menna Barreto

DOI 10.22533/at.ed.8732021093

CAPÍTULO 4..... 39

DIAGNÓSTICO BÁSICO DO SISTEMA DE DRENAGEM EM PIUMHI – MG COM APLICAÇÃO DE MODELAGEM GIS

Gabriel Soares da Silva

Germano de Oliveira Mattosinho

Rafael Leonel de Castro

Vinny Yuri de Oliveira

Humberto Coelho de Melo

DOI 10.22533/at.ed.8732021094

CAPÍTULO 5..... 54

ANTROPIZAÇÃO DAS MICROBACIAS URBANIZADAS DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO: FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS

Miréia Aparecida Bezerra Pereira

Rafaela Alves Dias Xavier

Hilda Rodrigues da Silva

Agatha Sousa Oliveira

Gabriella Nunes Cerqueira

Maira Cristina Fernandes Marinho Matos

Alessandra Gomes Duarte

Rise Consolação Luata Costa Rank

Nelita Gonçalves Faria de Bessa

DOI 10.22533/at.ed.8732021095

CAPÍTULO 6..... 69

CUSTO BENEFÍCIO NA UTILIZAÇÃO DE *MND TUNNEL LINER* EM SUBSTITUIÇÃO AO MÉTODO TRADICIONAL DE ABERTURA DE VALA EM PISTA DE ROLAMENTO

José Anderson de França
Kananda Raquel Manso da Silva França
Eduardo Cabral Silva

DOI 10.22533/at.ed.8732021096

CAPÍTULO 7..... 83

APLICAÇÃO DO DESIGN THINKING PARA O LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES DE UM PROJETO SOCIAL EM SÃO LUIS - MA

Marcos Vinicius Oliveira de Sá
Keven Costa Ribeiro
Marcela Andrade de Carvalho
Alexandre José de Andrade Malheiros
Wanderson Santos Silva
Thiago Ferreira Silva

DOI 10.22533/at.ed.8732021097

CAPÍTULO 8..... 92

ESTUDO DA FORMA DO AGREGADO GRAÚDO E SUA INFLUÊNCIA NO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Danillo de Almeida e Silva
André Luiz Bortolacci Geyer
Guilherme de Sousa Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.8732021098

CAPÍTULO 9..... 116

IMPERIAL BLUE QUARTZITE CHARACTERIZATION PURPOSING THE REMOVAL OF STAINS IN NATURA

Juliano Tessinari Zagôto
Rogério Danieletto Teixeira
Bruno do Vale Miotto
Bárbara Gonçalves Rocha

DOI 10.22533/at.ed.8732021099

CAPÍTULO 10..... 123

USO DO METACAULIM NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS E SEUS EFEITOS SOBRE A DURABILIDADE USE OF METACAULIM IN COATING MORTARS AND THEIR EFFECTS ON DURABILITY

João Gabriel Souza dos Reis
Romilde Almeida de Oliveira
Leonardo José Silva do Vale
Klayne Kattiley dos Santos Silva
Guilherme Henrique Nascimento de Barros
Rayssa Valéria da Silva
Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Pedro Daltro Macedo de Alencar

José Mateus Gomes Bandeira da Silva
Maria Eduarda Barbosa Ramos de Aguiar
DOI 10.22533/at.ed.87320210910

CAPÍTULO 11..... 136

VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

José Costa Feitoza
Natália da Mata Batista

DOI 10.22533/at.ed.87320210911

CAPÍTULO 12..... 145

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO CONVENCIONAL SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

Débora Maria Schein
Rafaela Wagner
Caroline dos Santos Santa Maria
Nelson Seidler

DOI 10.22533/at.ed.87320210912

CAPÍTULO 13..... 158

QUANTIFICAÇÃO DE ENTULHO CLASSE A E C DESTINADO A ÁREA DE RCCD DE GURUPI-TO

Beatriz Cerqueira de Almeida
Lara Ferreira Assunção
Luiza Souza Magalhães
Ryhan Marcos Dias Batista
Victor de Aguiar Baldão
Asafe Gomes
Bárbara Gomes Ferreira
Antônio Parreira de Vasconcelos Neto
Daniel Ramos de Souza
Nelita Gonçalves Faria de Bessa

DOI 10.22533/at.ed.87320210913

CAPÍTULO 14..... 166

PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Ismael Marrathman Dias Costa
Marcos Augusto Barbosa de Amorim
Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.87320210914

CAPÍTULO 15..... 178

PATOLOGIA DE FACHADAS: REVISÃO DE LITERATURA

Allefy Teles Sampaio
Jéssica Wanderley Souza do Nascimento
Domingos Sávio Viana de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.87320210915

CAPÍTULO 16.....	188
A ARTE DE ENGENHEIRAR – RELATO DE EXPERIÊNCIA Maria Aridenise Macena Fontenelle DOI 10.22533/at.ed.87320210916	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	201
ÍNDICE REMISSIVO.....	202

CAPÍTULO 10

USO DO METACAULIM NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS E SEUS EFEITOS SOBRE A DURABILIDADE USE OF METACAULIM IN COATING MORTARS AND THEIR EFFECTS ON DURABILITY

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 07/07/2020

João Gabriel Souza dos Reis

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5592644745933370>

Romilde Almeida de Oliveira

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/9272579827887449>

Leonardo José Silva do Vale

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/1349775024383837>

Klayne Kattiley dos Santos Silva

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/5297167370669295>

Guilherme Henrique Nascimento de Barros

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/8840716686259620>

Rayssa Valéria da Silva

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5592644745933370>

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/8084586098803603>

Pedro Daltro Macedo de Alencar

Universidade Católica de Pernambuco, Recife
– Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/4185653845985742>

José Mateus Gomes Bandeira da Silva

Instituto Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/8367067801164902>

Maria Eduarda Barbosa Ramos de Aguiar

UNIFACISA, Campina Grande – Paraíba

<http://lattes.cnpq.br/3879749039619922>

RESUMO: Um dos conceitos que mais tem produzido mudanças nas normas e, por consequência, na forma de projetar e construir é o de durabilidade. Relacionado com ele, de forma equivalente, está o conceito de vida útil e que não pode ser tratado sem o relacionar com os de manutenção, controle de qualidade e custo do ciclo de vida. Certamente que a constatação de grande número de manifestações patológicas definiu esta tendência. A argamassa já é utilizada como material de construção há mais de 11.000 anos, sendo, de início, constituída de cal e areia. Com a modernização dos métodos construtivos, foram incluídos outros materiais em sua composição, como o cimento Portland, adições minerais e aditivos orgânicos. Sabe-se do efeito benéfico que as adições minerais pozolânicas promovem no sentido de refinar poros e diminuir a sua interconexão na pasta de cimento, reduzindo com isso a permeabilidade e a entrada de agentes agressivos. Foram moldados corpos de prova com os traços (1:1:6 – Cimento, cal

e areia) duas formas de adição (por substituição de parte do cimento e adição simples) e teores de metacaulim (5%, 10% e 15%). Efetuou-se uma análise paramétrica dos resultados objetivando verificar os percentuais que otimizam o desempenho em relação às propriedades que interferem na vida útil e durabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Durabilidade, Revestimentos, Pozolanas.

ABSTRACT: One of the concepts that has produced the most changes in standards and, consequently, in the way of designing and building is that of durability. Related to it, in an equivalent way, is the concept of useful life, which cannot be treated without relating it to maintenance, quality control and life cycle cost. Certainly, the finding of a large number of pathological manifestations defined this trend. Mortar has been used as a building material for over 11,000 years, and was initially made up of lime and sand. With the modernization of construction methods, other materials were included in its composition, such as Portland cement, mineral additions and organic additives. It is known of the beneficial effect that pozzolanic mineral additions promote in order to refine pores and decrease their interconnection in the cement paste, thereby reducing the permeability and the entry of aggressive agents. Specimens were molded with the lines (1: 1: 6 - Cement, lime and sand) two forms of addition (by replacing part of the cement and simple addition) and contents of metakaolin (5%, 10% and 15%). A parametric analysis of the results was carried out in order to verify the percentages that optimize the performance in relation to the properties that interfere in the useful life and durability.

KEYWORDS: Durability, Coatings, Pozzolans.

1 | INTRODUÇÃO

A argamassa já é utilizada como material de construção há mais de 11.000 anos, sendo, de início, constituída de cal e areia. Com a modernização dos métodos construtivos, foram incluídos outros materiais em sua composição, como o cimento Portland e aditivos orgânicos.

Sabe-se que o processo de produção do cimento Portland demanda muita energia, pois ele é resultante mistura e queima do calcário e argila (e eventuais corretivos químicos de natureza silicosa, aluminosa ou ferrífera). Estima-se que, para cada tonelada de clínquer, que é o produto da calcinação do calcário e argila, são emitidos cerca de 800 a 1000 kg de CO₂. Com o objetivo de diminuir esses índices, pesquisadores estão buscando soluções acerca da problemática envolvida. As soluções, sem dúvida, passam pela matéria da diminuição do gasto energético na produção e na menor utilização no cimento nas diversas etapas da construção civil.

Diversas pesquisas já comprovam que se podem substituir percentagens de cimento sem perda das principais propriedades físicas e químicas do concreto ou da argamassa. (GRUBER et al., 2001; COURARD, 2003; GALVÃO, 2004; POON et al., 2006; MOTA et al., 2011; MOTA et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2014; BARBOSA et al., 2015; MOTA et al., 2015; MOTA, 2015; MOTA et al., 2016; MEDEIROS, 2017). Dentre esses compostos,

estão as adições minerais que, além do mais, ainda aprimora as propriedades mecânicas e garante maior vida útil da construção.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Argamassas

Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo ainda conter aditivos e adições minerais (COSTA, 2016).

São materiais muito empregados na construção civil, sendo os seus principais usos no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para a regularização de pisos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra. (ISAIA, 2011).

2.1.1 Principais aplicações

a. Assentamento de alvenaria

A argamassa de assentamento de alvenaria é usada para a elevação de paredes e muros de tijolos ou blocos e tem por função unir as unidades de alvenaria, selar as juntas garantindo a estanqueidade, absorver as deformações naturais e distribuir as cargas uniformemente sobre o conjunto. Para que se cumpram essas funções, devem-se possuir propriedades como trabalhabilidade, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e aderência. (COSTA, 2016).

b. Revestimentos

Os revestimentos, sejam em superfícies internas ou externas, exercem papel importante de regularização, impermeabilização, proteção contra intempéries e melhoria das condições termoacústicas nos ambientes.

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013), o sistema de revestimento é o “conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto”. Ele deve ser capaz de recobrir a superfície de concreto ou alvenaria, ao mesmo tempo em que cria um substrato adequado para receber o acabamento final, como pintura e revestimento cerâmico. As camadas constituintes são as seguintes: base; chapisco: convencional, industrializado, rolado; emboço; reforço; reboco; revestimento final.vh

2.1.2 Propriedades

Dependendo do uso e aplicação, a argamassa pode interagir de maneira diferente com o substrato. Portanto, as propriedades da mesma só podem ser avaliadas de maneira

mais eficiente se considerar a interação com o material com o qual elas estarão em contato.

Para garantir que as funções sejam atendidas de maneira integral, a argamassa deve possuir algumas características, tais como: trabalhabilidade, consistência, plasticidade e adesão inicial; retração; aderência; resistência mecânica; permeabilidade a água e capacidade de absorver deformações.

2.1.3 Causas e fatores contribuintes para o surgimento de manifestações patológicas

As causas mais comuns são a inexistência de projeto, desconhecimento das características dos materiais empregados e utilização de materiais inadequados, erros de execução (tanto no preparo da base, como por deficiência de mão de obra), desconhecimento ou não observância de Normas Técnicas e por falhas na manutenção (BAUER, 1997).

2.1.4 Principais manifestações patológicas

O termo patologia é empregado na engenharia civil quando ocorre perda ou queda de desempenho de um produto ou componente da estrutura. Silva (2016) infere que as manifestações patológicas podem ser geradas durante uma de três etapas da construção: Concepção da estrutura (projeto); Execução da estrutura; Utilização da estrutura.

Na construção civil existem inúmeros tipos de manifestações patológicas, os quais ocorrem por diversos fatores, podendo ser analisados e identificados através de seus sintomas.

a. Fissuras

Para Bauer (1997) a fissura ocorre por função de fatores inerentes ao revestimento, como o consumo de cimento, granulometria (teor de finos), porcentagem de água de amassamento presente, e outros fatores que podem ou não contribuir na fissuração, como a resistência de aderência ao substrato, a quantidade e dimensões das camadas, se as camadas tiveram tempo de pega respeitado antes de ser aplicada a próxima, a perda de água de amassamento por sucção da base ou pela evaporação.

As fissuras podem variar constantemente (fissuras passivas), ou variar em função de movimentações higrotérmicas ou outras (fissuras ativas). Desta forma, podem ser classificadas em relação ao modo em que surgem, de acordo com desenho que projetam na superfície da parede, podendo ser fissuras geométricas ou mapeadas.

b. Vesículas

Conforme exposto por Bauer (1997), a presença de materiais dispersos na argamassa que manifestam posterior variação volumétrica, gerando vesículas (bolhas) no revestimento. Esses materiais podem ser impurezas, como piritas e torrões ferruginosos, matéria orgânica ou torrões de argila. A hidratação tardia de óxidos de cálcio da cal também pode ser considerada um fator importante.

c. Descolamentos

Descolamentos ocorrem quando uma ou mais camadas do revestimento de argamassa são separadas, apresentando magnitudes variáveis, desde pequenas áreas até grandes dimensões, podendo abranger a totalidade de uma alvenaria. De acordo com Bauer (1997) há três maneiras de se manifestarem: com empolamento, em placas, ou com pulverulência. Um dos sinais desta patologia é a ocorrência de um som cavo (oco) nas placas cerâmicas quando percutidas, ou se observa o estufamento da camada de acabamento.

d. Eflorescência

Bauer (1997) define como depósitos salinos, principalmente alcalinos e alcalinos terrosos, na superfície de alvenarias ou revestimentos, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes da alvenaria.

A ocorrência do fenômeno está intimamente relacionada às propriedades de absorção e permeabilidade das argamassas. Segundo Carasek (2011), para que ocorram eflorescências três fatores são essenciais e devem existir concomitantemente: presença de sais solúveis, presença de água e pressão hidrostática para propiciar a migração da solução.

2.2 Pozolanas

Segundo a NBR 12653 (ABNT, 2014a), pozolanas são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

As pozolanas são normalmente utilizadas de duas formas: como substituição parcial do cimento ou como adição em teores variáveis em relação à massa ou volume do cimento. Independente da maneira utilizada, a reação pozolânica e os benefícios associados são semelhantes.

Segundo Netto (2006), a substituição parcial do cimento por pozolana implica na economia de energia e na redução do custo de fabricação do cimento.

A principal propriedade de uma pozolana é a sua capacidade de reagir e se combinar com o hidróxido de cálcio, formando compostos estáveis de poder aglomerante, tais como: silicatos e aluminatos de cálcio hidratados. Portanto, tende a diminuir o calor de hidratação, melhorando a resistência à fissuração térmica.

Sabe-se do efeito benéfico que as adições minerais pozolânicas promovem no sentido de refinar poros e diminuir a sua interconexão na pasta de cimento (ocupando os espaços vazios da matriz cimentícia, com o produto da reação pozolânica à medida que a hidratação do cimento libera o hidróxido de cálcio), reduzindo com isso a permeabilidade e a entrada de agentes agressivos (ALMEIDA, 2012; MOTA, 2015).

A NBR 12653 (ABNT, 2014a) classifica os materiais pozolânicos segundo três

classes (Classe N, Classe C e Classe E). Essa classificação é em função da sua origem, requisitos químicos e físicos estabelecidos nesta mesma Norma.

A atividade pozolânica pode ser definida, segundo Medina (2011), como a capacidade que uma determinada pozolana tem de reagir com o hidróxido de cálcio. No caso do metacaulim pode ser medida, dentre outros fatores, pela taxa de desidroxilação (teor de sílica amorfa), durante o tratamento térmico. Existem outras diversas metodologias empregadas na verificação de atividade pozolânica, que costumam ser divididos em métodos físicos, aqueles que medem as características mecânicas, e os métodos químicos, que são os que analisam as reações químicas. (GOÉS, 2016).

Os métodos físicos e químicos são normatizados pela NBR 12653 (ABNT,2014a), NBR 5751 (ABNT, 2012) que determina o índice de atividade pozolânica com cal hidratada e a NBR 5752 (ABNT, 2014a) que determina o índice de atividade pozolânica com cimento Portland.

A interação física com o cimento Portland modifica a reologia dos compósitos: concreto, argamassa e pasta, no estado fresco e confere propriedades especiais relacionadas à durabilidade e ao desempenho mecânico no estado endurecido.

Essas contribuições conferem aos compósitos propriedades especiais relacionadas à durabilidade e ao desempenho mecânico, quando comparadas às propriedades desses compósitos sem a sua presença, tais como: aumento da resistência à compressão, redução da porosidade e a permeabilidade, aumento da resistência a sulfatos, aumento da resistência à difusibilidade de íons cloreto, mitigação da reação álcali agregado, redução da ocorrência de eflorescências, aumento da resistividade elétrica (MEDINA, 2011).

2.2.1 Metacaulim

O metacaulim é o material pozolânico amorfo (de estrutura cristalina desordenada), obtido por processo industrial de ativação térmica entre 600 e 850 °C e moagem de argilas caulínicas e caulins, o que provoca a desidroxilação da estrutura cristalina da caulinita, formando uma fase de transmissão de alta reatividade (MEDINA, 2011).

O impacto ambiental é relativamente baixo, pois o beneficiamento do caulim gera areia quartzosa que pode ser aproveitada como agregado miúdo na construção civil, bem como o processo de calcinação leva somente à emissão de vapor d'água a atmosfera (MOTA, 2015).

2.2.2 Influência nas propriedades da argamassa

É possível enumerar dois dos efeitos fundamentais associados à incorporação, em argamassas e concretos, de adições minerais: físico (efeito filer) e químico (efeito pozolânico).

O metacaulim, como material pozolânico, reage com o hidróxido de cálcio liberado

pelo cimento em sua hidratação, para formar compostos com características aglomerantes. No estado fresco, como ainda não existe a hidratação do cimento suficiente para ativar as reações pozolânicas, o metacaulim (ou qualquer outro material pozolânico), altera as propriedades da argamassa fresca devido apenas às suas características físicas.

2.2.3 *Influência na durabilidade*

Durabilidade consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto (ABNT, 2014b).

Segundo a ISO 13823 (ISO, 2008) entende-se por vida útil “o período efetivo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”.

Segundo Zarzar Júnior (2007), a busca por conhecimento a respeito da durabilidade e vida útil de matérias, componentes e construções está fundamentada nos aspectos ambientais e econômicos.

Conforme afirma Perim (2013), a redução da porosidade capilar é muito importante para a durabilidade, já que muitos mecanismos de transporte de massa associados à entrada de agentes agressivos no concreto são afetados por essa propriedade. Em síntese, com exceção da deterioração mecânica, todas as demais influências nocivas advêm do transporte de fluidos. Neste contexto, as reações pozolânicas produzem silicatos e silico-aluminatos de cálcio hidratado, que precipitam nos poros capilares e reduzem a permeabilidade e a absorção. Certas pozolanas são mais efetivas que outras na redução da permeabilidade nas primeiras idades. Entretanto, sob condições normais de serviço, a permeabilidade de concretos contendo a maioria das pozolanas é reduzida em idades mais tardias. (LACERDA e HELENE, 2005).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram ensaiados corpos de prova cilíndricos com os traços (1:2:6 – Cimento, cal e areia) duas formas de adição (por substituição de parte do cimento e adição simples) e três teores de metacaulim (5%, 10%, e 15%).

3.1 Materiais

a) Cimento Portland CP II Z- 32, da marca Elizabeth, classificado de acordo com a NBR 16697 (ABNT, 2018).

b) Cal Hidratada tipo CH-I, da marca Extracal.

c) Areia natural de natureza quartzosa.

d) Metacaulim HP Ultra, da marca Metacaulim do Brasil.

e) Água proveniente do laboratório de estruturas da UNICAP.

3.2 Métodos

Foram confeccionados 15 corpos de prova (CP) de cada família, totalizando 105 CP no formato cilíndrico com dimensões 5 cm x 10 cm. O preparo da mistura foi realizado conforme preconizado pela norma NBR 16541 (ABNT, 2016a).

No estado fresco, foi realizado ensaio de consistência. No estado endurecido, foram realizados ensaio de absorção total, velocidade de onda ultrassônica e posteriormente o rompimento na prensa para verificar a resistência do mesmo à compressão.

3.2.1 Consistência

O ensaio de consistência foi realizado conforme preconizado pela norma NBR 13276 (ABNT, 2016b). A relação água/aglomerante foi fixada em 1,5, após ensaio de consistência.

3.2.2 Absorção de água por imersão

O ensaio de absorção foi realizado em três exemplares após 28 dias de cura úmida e obedecendo a norma NBR 9778 (ABNT, 2009).

3.2.3 Velocidade de propagação de onda ultrassônica

O ensaio de ultrassom mostra que quanto mais alta for a velocidade de propagação da onda ultrassônica no meio, mais compacto será o material. Realizou-se pelo método da transmissão direta e seguindo os preceitos da NBR 8802 (ABNT, 2019a). Utilizou-se os doze exemplares de cada família que, posteriormente, foram utilizados no ensaio de resistência à compressão.

3.2.4 =Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão ocorreu aos 28 dias com 12 exemplares por família, seguindo a norma NBR 7215 (ABNT, 2019b).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de consistência buscou ajustar a relação água/aglomerante da argamassa. O índice foi ajustado para uma consistência de 280 ± 20 mm. Os resultados estão expressos na Tabela 1.

Família	REF	5A	5S	10A	10S	15A	15S
Resultado (mm)	295	292	289	294	290	292	280

Tabela 1 – Índice de consistência

Observou-se que o incremento de metacaulim não provocou mudanças significativas na consistência da argamassa, o que viabilizou a fixação do teor de água/aglomerantes em 1,5 para todas as famílias.

O ensaio de absorção foi realizado em três corpos de prova, tendo os resultados médios expressos, em porcentagem na Tabela 2.

Família	REF	5A	5S	10A	10S	15A	15S
Absorção (%)	12,0	13,8	13,3	14,2	14,4	14,8	15,0

Tabela 2 - Resultados do ensaio de absorção

Os resultados de absorção por imersão mostraram que não existe um efeito marcante das amostras com adições frente à amostra de referência, todavia, amostras com adição pura apresentam melhor desempenho frente àquelas com substituição de parte do cimento por metacaulim e sem adição.

A Tabela 3 expressa os valores médios obtidos após ensaio de propagação de velocidade. Os corpos de prova utilizados foram os mesmos que posteriormente foram rompidos na prensa para verificar a resistência à compressão

Família	REF	5A	5S	10A	10S	15A	15S
Velocidade (m/s)	2525	2581	2680	2841	2680	2925	2912
Desvio padrão	60	58	56	63	57	59	65

Tabela 3 - Velocidade de propagação de onda ultrassônica

Apesar do aumento relativo em comparação com a amostra de referência, todas as amostras foram classificadas como regular, de acordo com os valores prescritos por Barbosa et al. (2015), onde os autores classificam por regular quando a velocidade da propagação regular está entre 2000 e 3000 m/s.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão estão expressos na Tabela 4.

Família	REF	5A	5S	10A	10S	15A	15S
Resistência (MPa)	6,8	7,58	6,6	8,43	7,18	9,41	7,82
Desvio padrão	0,52	0,61	0,55	0,62	0,55	0,56	0,65

Tabela 4 - Resultados do ensaio de resistência à compressão

Verifica-se que crescimento da resistência à compressão apresenta valores mais significativos para as amostras que receberam a adição de metacaulim, quando comparadas com a amostra de referência. Este resultado está em concordância com a literatura (BARBOSA et al., 2015; MOTA et al). A amostra 15A (15% de adição) apresentou o melhor resultado, atingindo resistência cerca de 38% maior que o de referência.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram alinhamento com outros pesquisadores que estudaram os benefícios promovidos por adições minerais, haja vista o aumento da resistência e redução da permeabilidade, devido fundamentalmente ao refinamento dos poros.

Conforme resultados experimentais colhidos em laboratório, pode-se apresentar as seguintes considerações:

- Verificou-se na resistência à compressão um incremento máximo de 38% aos 28 dias, utilizando 15% de adição em relação à família referência. Ao utilizar a booleana como substituição, observou-se um incremento de 15% em comparação com a família de referência. Poder-se-á inferir, analogamente, uma melhoria quanto à aderência, considerando a tendência da relação direta entre essas duas propriedades;
- Na absorção total se verificou parâmetros bem similares entre as famílias. Sabe-se que as reações pozolânicas ocorrem a longo prazo. Por conseguinte, em períodos maiores espera-se que sejam observados incrementos mais relevantes.
- Com relação à compacidade das amostras, verificadas através do ensaio de velocidade de propagação de onda ultrassônica, não se observou melhoria significativa. Isso se deve, em parte, ao curto prazo de hidratação das peças.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de revestimentos de argamassa**. 1. ed. São Paulo, SP, 2002a.

_____. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. 28f. São Paulo, 2002b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 5751: Materiais pozolânicos: determinação de atividade pozolânica: índice de atividade pozolânica com cal**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5752: Materiais pozolânicos: determinação de atividade pozolânica com cimento Portland: índice de atividade pozolânica com cimento**. Rio de Janeiro, 2014a.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014b.

_____. **NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios**. Rio de Janeiro, 2016a.

_____. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2016b.

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

_____. **NBR 8802: Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2019a.

_____. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2019b.

ALMEIDA, K. S. **Análise comparativa da capacidade de proteção de adições minerais pozolânicas quanto à corrosão de armaduras por íons cloretos**. 2012. 176 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Civil) Universidade de Pernambuco. Recife, 2012.

BAUER, R. J. F. **Patologia em revestimento de argamassa inorgânica**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997. Salvador, 1997.

BARBOSA, F. R.; MOTA, J. M. F.; COSTA e SILVA, A. J.; OLIVEIRA, R. A. **Influência do uso da pozolana metacaulim nas propriedades relacionadas com a durabilidade de argamassas inorgânicas**. XIII Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção. Lisboa, 2015.

CARASEK, H. **Patologia em argamassas de revestimentos**. Notas de aula - Universidade Federal de Goiás. 2011. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/03/patologias-em-argamassa.pdf>>, acessado 08/11/2018.

COURARD, L.; DARIMONT, A.; SCHOUTERDEN, M.; et al. **“Durability of mortars modified with metakaolin”**. Cement and Concrete Research, pp. 1473-1479, v. 33, 2003.

COSTA, M. R. M. M.; **Notas de aula da disciplina tecnologia de argamassas**. Universidade Federal do Paraná, 2016. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/0/0d/TC034_Aula_Argamassas_Gradua%C3%A7%C3%A3o_2014_parte_I.pdf> Acesso em: 08 de dezembro de 2018.

FIGUEIREDO, C. P.; SANTOS, F. B.; CASCUDO, O.; CARASEK, H.; CACHIM, P.; VELOSA, A. **The role of metakaolin in the protection of concrete against the deleterious action of chlorides**. REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS, pp. 685-706, V.7, N.4, 2014

GALVÃO, S. P.; **Avaliação do desempenho de argamassa de reparo estrutural à base de cimento Portland modificadas por polímero e contendo adições**. 2004. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2004.

GRUBER, K.A.; RAMLOCHAN, T.; BODDY, A.; HOOTON, R.D.; THOMAS, M.D.A. **Increasing concrete durability with high-reactivity metakaolim**. Cement and Concrete Composites, pp. 479-484, v. 23, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **General principles on the design of structures for durability**. ISO 13823. 2008.

_____. **Buildings and constructed assets - Service life planning -- Part 2: Service life prediction procedures**. ISO 15686-2. 2012

ISAIA, G.C. (Ed.) **Concreto – Ciência e Tecnologia**. Vols. 1 e 2. IBRACON, São Paulo, 2011.

LACERDA, C. S.; HELENE, P. R. L. **Estudo da influência da substituição de cimento Portland por metacaulim em concretos**. 2005. 257 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

MEDEIROS, M. H. F.; RAISDORFER, J. W.; HOPPE FILHO, J. **Influência da sílica ativa e do metacaulim na velocidade de carbonatação do concreto: relação com resistência, absorção e relação a/c**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.17, n.4, p. 125-139, 2017.

MOTA, J. M. F.; OLIVEIRA, R. A; DOURADO, K. C. A. **Utilização de pozolana em argamassas de reforço para alvenarias resistentes**. In: 7º Congresso Internacional sobre Patologia e reabilitação de estruturas - CINPAR. Fortaleza, 2011.

MOTA, J. M. F, COSTA e SILVA, A. J., BARBOSA, F. R., CARVALHO, J. R. **Influência da pozolana metacaulim nas propriedades de argamassa de revestimento**. In: XIV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XIV, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

MOTA, J. M. F.; BARBOSA, F. R.; COSTA e SILVA, A. J.; SILVA; G. A.; GALVÃO, S. P.; SOUZA, P. A. S.; OLIVEIRA, R. A. **Estudo comparativo entre o desempenho de argamassas inorgânicas contendo metacaulim – opções de substituição de parte do cimento e simples adição à mistura.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, XI, Porto Alegre, 2015.

MOTA, J. M. F. **Reforço de alvenaria resistente com argamassa armada com adição de metacaulim.** 2015. 197 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

MOTA, J. M. F.; OLIVEIRA, R. A.; CARNEIRO, A. M. P. **Durabilidade de argamassas com adição de metacaulim para reforço de alvenaria.** Revista Matéria, pp. 1105-1116, V.1, N.04, 2016.

MEDINA, E. A. **Pozolanicidade do metacaulim em sistemas binários com cimento Portland e hidróxido de cálcio.** 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

PERIM, J. R. **Influência do metacaulim na durabilidade de concretos usuais de mercado sujeitos à carbonatação acelerada.** 2013. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013

SILVA, E. M. **Manifestações patológicas em revestimentos: análise e terapia.** Trabalho de conclusão de curso. 2016. 63 f. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

ZARZAR JÚNIOR, F.C. **Metodologia para avaliação da vida útil de elementos construtivos baseada no método dos fatores.** 2007. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agregado 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 112, 113, 114, 115, 125, 128, 143, 146, 147, 149, 150, 159, 160, 162

Alvará 25, 27, 28, 32, 34, 35

B

Bim 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 53, 197, 198

C

Concreto 9, 22, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 104, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 124, 125, 128, 129, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 155, 156, 157, 173, 176, 177, 182, 187, 192

Construção Civil 1, 2, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 50, 52, 88, 114, 124, 125, 126, 128, 137, 139, 143, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 172, 176, 177, 179, 180, 185, 187, 190, 192, 193, 199

D

Design Thiking 83, 84

Drenagem Pluvial 39

Durabilidade 92, 93, 100, 111, 123, 124, 128, 129, 133, 135, 170, 175, 181, 182

E

Elasticidade 92, 98, 101, 103, 105, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 140

Enxuto 18

Escavação 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 81

F

Forma 3, 7, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 43, 44, 45, 65, 69, 70, 74, 79, 84, 85, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 123, 126, 143, 145, 146, 159, 161, 163, 166, 169, 170, 174, 175, 179, 189, 194, 195, 197

H

Habitação 1, 2, 3, 4, 25, 26, 80, 197

Habite-se 25, 26, 27, 28, 30, 32, 34, 35, 36

I

Impostos 15, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 35

Influência 41, 43, 57, 92, 93, 99, 100, 101, 111, 115, 128, 133, 134, 135, 138, 144, 146,

174, 175, 181

Infraestrutura Urbana 39

Interdisciplinar 55, 159, 163

L

Lean Construction 1, 2, 3, 6, 8, 9, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23

M

MND 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79

N

Necessidades 6, 9, 21, 83, 85, 86, 87, 88, 89

O

Ornamental Stones 116

P

Personas 83, 84, 85, 87, 89, 90

PMCMV 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 16

Pozolanas 124, 127, 129

Projeto Social 83, 84, 85, 88

Q

Qualidade da Água 55, 56, 57, 59, 60, 63, 65, 66, 68

Quartzite 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

R

Recursos Hídricos 55, 66, 67

Removal 116, 118

Revestimentos 123, 124, 125, 127, 133, 135, 140, 162, 179, 181, 182, 184, 186, 187

S

Saneamento Básico 54, 55, 56, 59, 65, 66, 68, 88

Saúde Pública 55, 65, 66, 68

Smart City 39, 40, 43, 44, 52, 53

Stains 116, 118, 122

T

Technological Characterization 116

Tunnel Liner 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 79, 81

V

Vala Método Tradicional 69

Vantagens 18, 19, 22, 74, 75, 77, 78, 138

Viabilidade Técnico-Econômica 1, 16

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br