

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

iStock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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 Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – 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/UFGA
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. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
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. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
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

Coleção desafios das engenharias: engenharia civil

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Augusto Zilli

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil /
Organizador Carlos Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-302-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.023211407>

1. Engenharia civil. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador).
II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.arenaeditora.com.br
contato@arenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Civil”, em seu primeiro volume, apresenta 18 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os desafios enfrentados pela engenharia civil mundo afora, tais como: Otimização e Dimensionamento de Peças Estruturais, Concreto em Situações de Incêndio, Confiabilidade Estrutural, Prevenção de Danos em Estruturas, Estudos de Materiais Alternativos para Construção Civil, Concreto Ecológico e Descarte de Resíduos.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas à estruturas de concreto armado e materiais de construção civil.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE LAJES NERVURADAS, UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

Jessyca Priscylla de Almeida Nunes

Giuliana Furtado Franca Bono

Gustavo Bono


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114071>

CAPÍTULO 2..... 16

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO CONFORME MÉTODO TABULAR E PRINCÍPIO DE CÁLCULO DAS ZONAS

Diogo Raniere Ramos e Silva

Maria de Lourdes Teixeira Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114072>

CAPÍTULO 3..... 28

CONSIDERAÇÕES SOBRE PUNÇÃO EM LAJES PLANAS DE CONCRETO ARMADO

Ailton Queiroz Junior

Aurélio de Almeida Abdoral Neto

Eduardo Emilio Martins Pinheiro Câmara

Elsimar Souza Santos

Felipe Vieira Ladislau

Janiele Moreira Roland


Kevin de Matos Costa

Luiz Alfredo Franco Pinheiro

Paola de Kácia de Souza Pinto Silva

Pedro Ignácio Lima Gadêlha Jardim

Raíssa Coelho Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114073>


CAPÍTULO 4..... 43

CONFIABILIDADE ESTRUTURAL DE PÓRTICOS PLANOS DE AÇO

Danilo Luiz Santana Mapa

Marcílio Sousa da Rocha Freitas

Ricardo Azoubel da Mota Silveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114074>


CAPÍTULO 5..... 64

PROJETO ÓTIMO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM SEÇÃO T UTILIZANDO OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS

Rubens Silva Correia

Giuliana Furtado Franca Bono

Gustavo Bono


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114075>

CAPÍTULO 6..... 79

A SIMULAÇÃO NUMÉRICA NA RESOLUÇÃO DE DESAFIOS DA ENGENHARIA ESTRUTURAL

Tainá Mascarenhas Borghi


Ana Lucia Homce de Cresce El Debs

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114076>

CAPÍTULO 7..... 93

EXPERIÊNCIAS PARA A PREVENÇÃO DE DANOS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO PÓS-TENSIONADO

Sergio Gavilán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114077>

CAPÍTULO 8..... 108

EMPREGO DE ENSAIOS DE DURABILIDADE EM CONCRETOS COM SINTOMAS DE EXPANSÃO EM FUNDAÇÕES DE SUBESTAÇÕES E LINHAS DE TRANSMISSÃO EM MINAS GERAIS


Marina Munaretto Copetti

Cristiane Carine dos Santos

Ana Paula Maran

Silvane Santos da Silva

Régis Luís Wagner Mallmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114078>

CAPÍTULO 9..... 125

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E DE DURABILIDADE DO CONCRETO POLÍMERO DESENVOLVIDO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RESINA POLIURETANA VEGETAL


Alexandre Rodriguez Murari

Giovanna Jacomelli

Victor José dos Santos Baldan

Eduvaldo Paulo Sichieri

Javier Mazariegos Pablos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114079>

CAPÍTULO 10..... 138


AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS DE OLARIAS NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO ESTRUTURAL

Larissa Barbosa de Lima

Jozilene de Souza

Júlio César Damasceno

José Edivandro de Sousa Júnior


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140710>

CAPÍTULO 11 151

ESTUDO DO USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

CIVIL BRASILEIRA


Marcos David dos Santos
Marco Antônio Assis de Oliveira
Danylo de Andrade Lima
Marcelo Laédson Morato Ferreira
Hosana dos Santos Lima
Jaciera Isabelle Medeiros de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140711>

CAPÍTULO 12..... 162

ARTEFATOS DE CONCRETO LEVE E PERMEÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E POLIESTIRENO EXPANSÍVEL


Mariana Venturini
Gabriel Salvador
Carlos Henrique Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140712>

CAPÍTULO 13..... 169

ANÁLISE COMPARATIVA DE MITIGAÇÃO UTILIZANDO OS CIMENTOS CPII – F 32, CPII E-40, CPIV E CPV COM METACAULIM EM AGREGADOS POTENCIALMENTE REATIVOS


Marina Munaretto Copetti
Cristiane Carine dos Santos
Ana Paula Maran
Silvane Santos da Silva
Régis Luís Wagner Mallmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140713>

CAPÍTULO 14..... 189

ANÁLISE PRELIMINAR DO COMPORTAMENTO DE PASTAS E ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND INCORPORADAS COM PÓ À BASE DE CACTO

Gabriella Cavalcante Souza
João Victor de Paiva Rodrigues
Yasmim Medeiros Rocha
Heber Sivini Ferreira




 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140714>

CAPÍTULO 15..... 201

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS (POLÍMEROS REFORÇADOS POR FIBRAS) NAS PESQUISAS EXPERIMENTAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO

Maicon de Freitas Arcine
Nara Villanova Menon

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140715>

CAPÍTULO 16	223
CONCRETO ECOLÓGICO: SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELO PÓ DE VIDRO Rafael Dantas Ribeiro  https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140716	
CAPÍTULO 17	237
RESÍDUO DESCARTADO PELA SIDERÚRGICA DE CORUMBÁ-MS COMO POTENCIAL PARA REAPROVEITAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL Manoela da Silva Carvalho Fábio Kroll de Lima Felipe Fernandes de Oliveira Robson Fleming Ribeiro  https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140717	
CAPÍTULO 18	253
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS APLICADAS NA MODELAGEM DA DIFUSÃO DE CO ₂ NO CONCRETO Emerson Felipe Felix Renan do Vale Leonel de Assis  https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140718	
SOBRE O ORGANIZADOR	272
ÍNDICE REMISSIVO	273

ANÁLISE PRELIMINAR DO COMPORTAMENTO DE PASTAS E ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND INCORPORADAS COM PÓ À BASE DE CACTO

Data de aceite: 01/07/2021

Gabriella Cavalcante Souza

Doutoranda em Eng. de Materiais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Materiais da Universidade Federal da
Paraíba (UFPB)

João Victor de Paiva Rodrigues

Graduando em Eng. Civil
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Yasmim Medeiros Rocha

Graduanda em Eng. de Materiais
Departamento de Engenharia de Materiais da
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Heber Sivini Ferreira

Prof. Doutor, em Eng. de Materiais
Departamento de Engenharia de Materiais da
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

RESUMO: O desenvolvimento de matérias primas alternativas no ramo da construção civil torna-se cada vez mais necessária de maneira em que, através das melhorias das características físicas das pastas e argamassas pelos aditivos, seja possível minimizar a necessidade de utilização de outros insumos de processamentos caros e nocivos ao meio ambiente. O presente trabalho tem como objetivo principal a análise preliminar do comportamento plástico, no estado fresco, e absorção de água capilar, no estado endurecido, de pastas e argamassas de cimento Portland com a incorporação de aditivo em pó à base do

cacto Palma Forrageira, produzido por secagem por aspersão. Com base na análise dos dados percebeu-se, sobretudo, que o aditivo indicou influência direta nos aspectos abordados, seja no estado fresco das pastas com o aumento da plasticidade sugerindo que o pó poderá ser um aditivo plastificante e acelerador de pega com percentuais maiores ou iguais a 1%. Bem como uma baixa absorção de água por capilaridade e retardador com o percentual menor que 1%. Portanto, a depender dos percentuais utilizados, o aditivo em pó além de proporcionar otimização das propriedades, engloba todo um viés sustentável e regional.

PALAVRAS-CHAVE: *Opuntia ficus-indica*; spray drying; aditivo natural.

ABSTRACT: The development of alternative raw materials in the construction industry is becoming increasingly necessary so that by improving the physical characteristics of the pastes and mortars by the additives, it is possible to minimize the need for the use of other expensive processing inputs and materials. harmful to the environment. The main objective of this work is the preliminary analysis of the fresh plastic behavior and absorption of the hardened capillary water of Portland cement pastes and mortars with the incorporation of a powder additive based on Palma Forrageira cactus. by spray drying. Based on the data analysis, it was noticed that the additive indicated a direct influence on the approached aspects, either in the fresh state of the pastes with the increase of plasticity suggesting that the powder may be a plasticizer additive and handle accelerator with higher or lower percentages.

equal to 1%. As well as a low water absorption by capillarity and retarder with the percentage less than 1%. Therefore, depending on the percentages used, the powder additive, besides providing properties optimization, encompasses a whole sustainable and regional bias

KEYWORDS: *Opuntia ficus-indica*; spray drying; natural additive.

1 | INTRODUÇÃO

Os aditivos associados às argamassas e concretos estão, sobretudo, atrelados ao desenvolvimento de características que aperfeiçoem e tornem adequado o emprego desses materiais em diferentes situações de estruturas.

Conforme descrito pela NBR 11768 (ABNT, 2011), o aditivo é um produto adicionado durante a fase de preparação das misturas de cimento (pasta, argamassa, concreto, etc.), com objetivo de alterar suas propriedades no estado fresco e/ou endurecido, melhorando seu desempenho. Podendo ser adicionado em quantidade não superior a 5% da massa de material cimentício.

Mehta e Monteiro (2014) e Aitcin (2000) ratificam também que tais aditivos podem ser divididos de acordo com sua funcionalidade, podendo ser atribuídos como dispersantes de partículas de cimento, modificadores do processo de hidratação, reagentes para com subprodutos da hidratação e ainda aqueles que apresentam funções de ação física no concreto, agregando, dessa forma, diferentes benefícios a esse.

É nesse sentido que surge o empenho no desenvolvimento de aditivos de ampla disponibilidade e baixo custo, que garantam, além da economia do produto final, a minimização dos impactos ambientais por meio da utilização de matéria-prima natural e da redução de insumos nocivos, a partir do emprego de materiais mais sustentáveis na produção dos aditivos.

Essa concepção de utilização de matéria-prima natural para aditivos não é algo recente, essa ideia já existe desde os tempos romanos com o uso de sebo de porco, leite de cabra, sangue de boi e clara de ovo como plastificantes (GIAMMUSSO, 1992). No que tange aos insumos vegetais, a utilização de materiais orgânicos chamados de polímeros naturais (uma macromolécula composta de muitas unidades de repetição chamadas de meros, ligadas por ligações covalentes (CANEVALORO, 2002)) era recorrente em construções da antiguidade, entre eles está o uso do cacto ou a chamada Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica*) (CHANDRA et al., 1998).

No que concerne ao uso dessa vegetação para a produção de aditivos, a *Opuntia ficus-indica*, cacto de origem mexicana, foi primitivamente utilizada pelos Astecas em argamassas de restauração (SÁENZ et al., 2000). A partir da mucilagem, substância gelatinosa encontrada na palma, e do avanço nos estudos de aditivos com essa planta, essa substância foi incrementada às argamassas e concretos a partir de diferentes métodos, seja através do próprio gel (extrato da palma) ou na forma de pó.

Oliveira (2018) buscou viabilidade da substituição da água por mucilagem de palma na elaboração de argamassa de cimento Portland. Os resultados obtidos revelaram que houve um aumento na plasticidade das argamassas, diminuição da absorção de água em até 390% além do aumento da resistência à compressão média máxima 25MPa, 12,88% superior à argamassa referencia. Resultados esses semelhantes aos de (COSTA, 2014).

No estudo de Torres-acosta et al. (2010), os autores adicionaram 1%, 2% e 4% e de pó de aditivo liofilizado em relação a massa de cimento, constatando que as misturas feitas com o aditivo natural, diminuiu o tempo de endurecimento da pasta de cimento em relação a pasta de controle, mostrando que o aditivo se comporta como retardador de pega.

A partir das considerações supracitadas, esse trabalho voltou-se, para a análise preliminar do comportamento plástico, no estado fresco, e absorção de água capilar, no estado endurecido, de pastas e argamassas de cimento Portland com a incorporação de aditivo em pó à base do cacto *Opuntia ficus-indica*.

1.1 Justificativa

Frente aos crescentes custos financeiros e ambientais que a indústria da construção civil gera, é válido o empenho em pensar em futuras inovações partir de elementos alternativos de ampla disponibilidade (matéria prima local) e baixo custo.

Dessa forma poderá haver benefícios na formação de recursos humanos para o desenvolvimento regional, pois a pesquisa pode impulsionar a expansão tecnológica e produção em escala industrial dos cactos para as regiões áridas e semiáridas do estado da Paraíba e circunvizinhos.

Nessa senda, é válido o estudo da utilização de aditivos em pó à base de cacto para concretos e argamassas de cimento Portland, uma vez que a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) encontra-se em uma grande disponibilidade no nordeste brasileiro.

2 | METODOLOGIA DOS ENSAIOS

2.1 Preparação das argamassas

Foram produzidas quatro amostras de argamassa, denominadas conforme as proporções, em massa, de aditivo utilizado, a saber, tipo R, A, B e C. A mistura tipo R foi denominada assim por ser a referência, isto é, sem adição, em relação às argamassas aditivadas com três percentagens diferentes de aditivo de cacto em pó, obtido pela extração da mucilagem por congelamento e secagem por *spray drying*.

A mistura aditivada com 0,5% de pó em relação à massa do ligante foi denominada de A, 1,0% denominada de B e 1,5% de aditivo, denominadas C (Quadro 1). Os percentuais de adição foram definidos com base nas proporções máximas especificadas na NBR 11768 (ABNT, 2011) e com base na literatura publicada.

Tipo de argamassa	Percentual de aditivo de cacto em pó	Materiais	Traço (relação a/c adotada de 0,32)
R	0%	cimento : areia : água	1 : 3 : 0,32
A	0,5%		
B	1,0%		
C	1,5%		

Quadro 1 – Proporção de materiais, em massa, por tipo de argamassa.

Convém destacar que para o traço de argamassa sem cal, foi utilizando cimento Portland CP V- ARI (alta resistência inicial), da marca MIZU. Este cimento foi escolhido por não conter adições, eliminando a possibilidade de influência de adições reativas. O traço foi determinado de 1:3 conforme especificações da NBR 7215 (ABNT, 1996).

2.2 Mistura, moldagem e cura dos corpos de prova

Para cada amostra a mistura ocorreu de forma mecânica com o auxílio de uma argamassadeira e a moldagem utilizando corpos de prova padrão, cilíndrico, medindo 100mm de altura e diâmetro de 50mm, conforme NBR 7215 (ABNT, 1996).

O processo de cura das argamassas seguiu a NBR 13279 (ABNT, 2005), onde inicialmente a cura se deu ao ar por um período de 48h dentro dos moldes de argamassa, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2003a). Em seguida as amostras foram desmoldadas e imersas em água até as idades de ensaio de 28 dias para os ensaios conforme mostra a Figura 1.

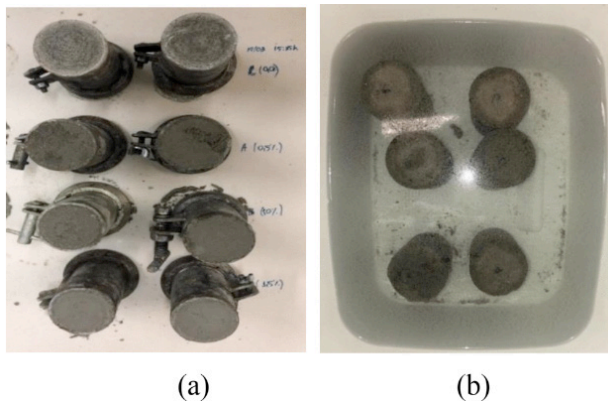


Figura 1 – Cura ao ar (a) e cura imersa em água (b).

2.3 Ensaios mecânicos no estado plástico

Os ensaios para determinação de índice de consistência foram realizados com o

auxílio do Aparelho de Vicat e seguiram a ABNT (2003c), assim como a determinação do tempo de início e fim de pega para as pastas de cimento com os mesmos percentuais de adição de pó do traço de argamassa R, A, B e C (Figura 2), que seguiram a NBR NM 65 (ABNT, 2003b) e a NBR 11581 (ABNT, 1991).



Figura 2 – Determinação do tempo de início e fim de pega.

2.4 Ensaios mecânicos para argamassas no estado endurecido

Já no ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade, as amostras foram levadas à estufa durante 24h na temperatura de 100°C para eliminação da água residual, iniciando, em seguida, o ensaio seguindo a NBR 9779 (ABNT, 2012a) conforme ilustra a Figura 3.

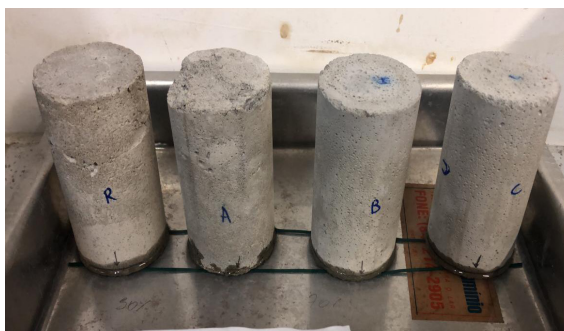


Figura 3 – Ensaio de absorção de água por capilaridade.

Posteriormente os corpos de prova foram rompidos por compressão diametral, a fim de medir a altura da ascensão da água do ensaio de absorção por capilaridade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio de consistência e tempo de pega da pasta de cimento

A pasta é uma mistura de cimento e água e é utilizada principalmente para a vedação de vazamentos ou obstrução de trincas e fissuras em peças de concreto danificadas, a sua consistência está intimamente relacionada ao seu teor de umidade. Assim, os ensaios de consistência da pasta de cimento foram realizados de forma a averiguar a quantidade de água ideal a ser incrementada na pasta de maneira a obter uma consistência dentro das exigências da ABNT, conseqüentemente, foi possível estabelecer o fator água/cimento.

Na utilização do aparelho de *Vicat* provido da sonda Tetmaje, conforme a NBR NM 43(2003a), o índice de consistência para ser considerado ótimo deve ser 6 ± 1 mm. Dessa forma, conforme o Quadro 2, foi necessário incorporar mais água à mistura de referência se comparado às com adição, com exceção do traço C, que exigiu mais água que R, A e B.

% de adição	Tipo de argamassa	Cimento (g)	Água (g)	Aditivo de Cacto em pó (g)	Índice de consistência ótimo 6 ± 1 (mm)	Relação a/c
0%	R	500	170,0	0,00	5	0,34
0,5%	A	500	150,0	2,50	7	0,30
1,0%	B	500	150,0	5,00	7	0,30
1,5%	C	500	175,0	7,50	5	0,35

Quadro 2 – Quantidades de materiais para o traço e medidas de índice de consistência da pasta.

Para a relação água/cimento fixa de 0,32 que foi adotada, notou-se que à medida que o percentual de adição era aumentado, tinha-se também um aumento da consistência das misturas (R=3mm, A=3,5mm, B=4mm e C=5,5mm).

Isso revela a tendência crescente na consistência conforme o aumento do percentual incorporado de aditivo. Levando a consideração que as pastas contendo o aditivo polimérico natural em questão possuem maior capacidade de retenção de água. E de fato, conforme Stancato (2016), a retenção da água depende da relação do teor de polímero natural (aditivo de pó do cacto) presente na mistura em relação ao cimento, relação aditivo/cimento (a/c) (STANCATO, 2016).

Conforme a Figura 4 percebeu-se que as pastas com incorporação do aditivo tinham boa plasticidade devido a forte coesão da mistura, atributo esse relacionado com a consistência.



Figura 4 – Coesão da pasta de cimento aditivada.

Esse fato está relacionado com os polissacarídeos presentes na estrutura do pó que inibem a evaporação da água devido aos efeitos de preenchimento e vedação da película impermeável do polímero. Assim sendo, aumenta a capacidade de retenção da água podendo contribuir, em futuro emprego em escala macro, para redução da retração por secagem.

No que diz respeito à pega, observou-se que a pasta referência teve um tempo de pega de 215 minutos, por outro lado, com a adição de 0,5% do pó a mistura teve seu tempo de início e fim de pega retardado em 1h em relação ao traço de referência. As demais pastas B e C, com percentuais maiores de aditivo, tiveram o tempo de início e fim de pega acelerados.

Esse comportamento disforme é consequência, sobretudo, da abundância e dos tipos de íons ácidos e básicos presentes na mistura, que interferem diretamente na dissolução dos constituintes do clínquer usado para produção do cimento Portland. Assim, a adição do pó à base de cacto tem influência na mudança da concentração dos compostos iônicos da mistura.

Ademais, segundo Mehta e Monteiro (2014), para aditivos desse tipo, é frequente observar que quando usados em pequenas quantidades, como ocorreu com o traço A (0,5% de adição), “o efeito retardador na solubilidade dos íons cálcio e aluminato do cimento é mais dominante do que a aceleração da solubilidade dos íons silicato”, é por essa razão que percebeu-se que o pó atuava como um agente retardador do tempo de pega para a concentração de 0,5%.

Ainda segundo os autores supracitados, em geral, pode-se dizer que as reações de hidratação dos aluminatos são responsáveis pelo enrijecimento (perda de consistência) e pela pega (solidificação) da pasta de cimento, enquanto que os silicatos, que compõem aproximadamente 75 % do cimento comum, são fundamentais no processo de ganho de resistência (ou taxa de desenvolvimento da resistência) da pasta.

De outro modo, ainda segundo os autores supracitados e Ikematsu e Laguna (2017), quando o aditivo for usado em concentrações maiores, como ocorreu com as misturas B e C (1% e 1,5% de adição), “o efeito acelerador dos íons da solução na solubilidade dos íons silicato e aluminato do cimento se torna mais dominante do que os efeitos retardadores”, dessa forma, dependendo da concentração de pó utilizada nas misturas de cimento é possível perceber tanto o efeito retardador quanto o acelerador do tempo de pega.

3.2 Ensaio de absorção por capilaridade

Para determinação da absorção por capilaridade foi realizado o ensaio previsto na norma NBR 9779 (ABNT, 2012a). Os resultados estão apresentados pelos valores médios encontrados no ensaio conforme Quadro 3 e Gráfico 1.

Argamassas	Tempo (h)				
	3	6	24	48	72
R	0,264179	0,370663	0,709887	0,835132	0,93553
A	0,304345	0,383249	0,637383	0,750103	0,817735
B	0,270776	0,37919	0,694668	0,828257	0,920743
C	0,306661	0,429018	0,767932	0,913839	1,025957

Quadro 3 - Ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos.

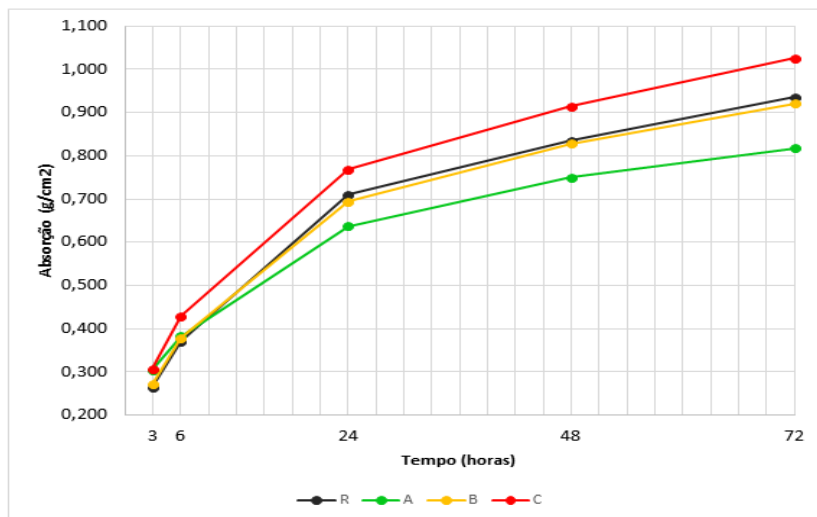


Gráfico 1 - Resultado ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos.

Considerando as análises de absorção de água por capilaridade nos corpos de prova cilíndricos, constata-se que a argamassa A apresenta melhor eficiência na redução de absorção de água. Contudo, a argamassa aditivada com B e C mostraram pouca redução em comparação com a de referência.

Por fim, o Quadro 4 expõe, em porcentagem, a redução na absorção de água em relação à referência R.

	Argamassas	Tempo (h)				
		3	6	24	48	72
Redução da absorção em relação a referência R (%)	A	15,2%	3,4%	10,2%	10,2%	12,6%
	B	2,5%	2,3%	2,1%	0,8%	1,6%
	C	16,1%	15,7%	8,2%	9,4%	9,7%

Quadro 4 - Redução na absorção de água em porcentagem.

Com isso, fica claro que a argamassa com o aditivo A obteve melhor desempenho nesse ensaio ao longo de todas as medições, já que, ao final das 72h, absorveu 12,6% a menos que a argamassa de referência. Contudo, esse valor ainda não atende a NBR 16072 (ABNT, 2012b) que define uma porcentagem mínima de redução de 50% para que uma argamassa seja considerada impermeável.

Segundo Stancato (2016) o aumento nos percentuais de absorção se dá pelo processo de hidratação do cimento que ocorre devido a formação da película polimérica do cimento na fase de mistura que confere, também, um aumento considerável da impermeabilidade, da resistência à penetração de umidade, da durabilidade e da resistência química.

Por fim, o Gráfico 2 exprime o resultado das alturas médias de ascensão capilar encontradas nas diferentes argamassas após rompimento diametral do corpo de prova cilíndrico, Figura 5.

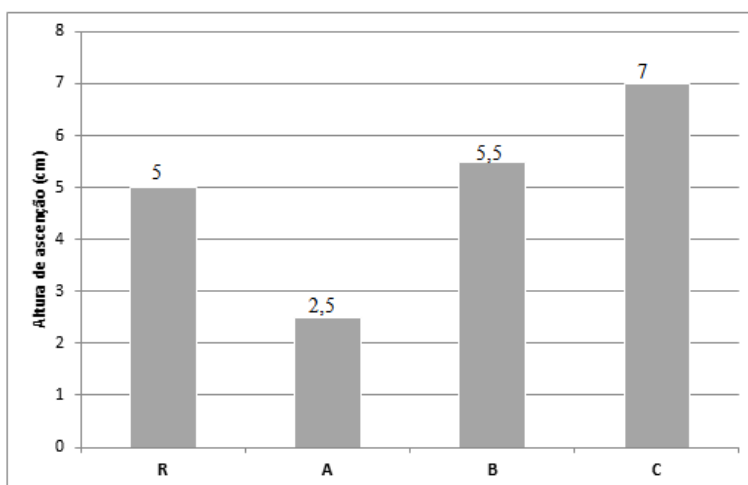


Gráfico 2 – Ascensão capilar.

Percebe-se que a argamassa A apresentou a menor altura, enquanto a argamassa C, como esperado por motivos anteriormente explicados, apresentou a maior altura.

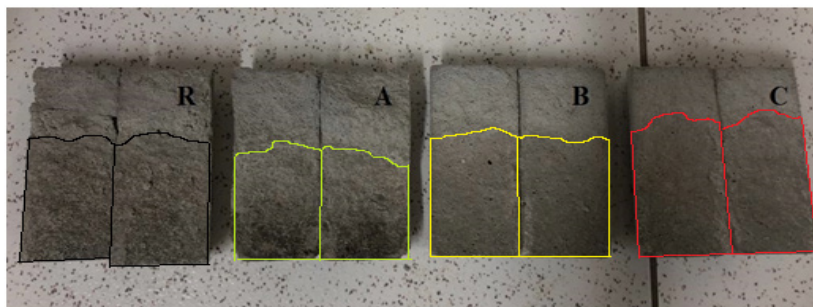


Figura 5 – Identificação da medida de ascensão capilar dos corpos de prova rompidos.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos aspectos abordados ao longo do desenvolvimento do trabalho, percebe-se, sobretudo, que o aditivo em pó à base de mucilagem da palma teve influência direta no tocante a plasticidade, tempo de início e fim de pega e interferência na absorção de água por capilaridade, como já apresentado na literatura.

Dos ensaios no estado plástico, quanto à consistência e tempo de pega da pasta de cimento, revelou a tendência crescente na consistência e de coesão da pasta conforme o aumento do percentual incorporado de aditivo. Levando a consideração que as pastas contendo o aditivo polimérico natural em questão possuem maior capacidade de retenção de água.

O tempo de pega, por sua vez, para 0,5%, o aditivo atuou como um retardador se comparado à amostra de referência, não obstante, a medida que se aumentava os percentuais de aditivo, essa passava a atuar como um acelerador de tempo de início e fim de pega. Resultado em consonância com a norma Brasileira NBR 11768 (ABNT, 2011), Isaia (2011) e Mehta e Monteiro (2014) onde pontuam que o aditivo retardador geralmente é utilizado em uma dosagem sobre o material cimentício que varia de 0,1% a 0,5%, dependendo da aplicação. E que alguns retardadores podem passar a agir como aceleradores do tempo de pega e ganho de resistência, quando utilizados em dosagens maiores que 1%.

Quanto a absorção de água por capilaridade, o percentual mais adequado para uma baixa adsorção é de 0,5%, já que, ao final das 72h, absorveu 12,6% a menos que a argamassa de referência, tendo também a menor altura de ascensão capilar, 2,5cm.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à CAPES, pelo apoio financeiro recebido.

REFERÊNCIAS

AÏTCIN, P. **Cements of Yesterday and Today Concrete of Tomorrow**. Cement and Concrete Research, v. 30, n. 9, p. 1349-1359, jul. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5738: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto**. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **NBR 11581: Cimento Portland – Determinação dos Tempos de Pega**. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes-resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 16072: Argamassa Impermeável**. Rio de Janeiro, 2012b.

_____. **NBR 9778: Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 9779: Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de água por capilaridade – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012a.

_____. **NBR NM 43: Cimento Portland – Determinação da Pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro, 2003c.

_____. **NBR NM 65: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega**. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

CANEVAROLO JR., Sebastião V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo: Artliber Editora, 2002

CHANDRA, S. et al. Use of cactus in mortars and concrete. **Cement and concrete research**, v. 28, n. 1, p. 41-51, 1998.

COSTA, Ada Catarina S. de. **Utilização de aditivos à base de cacto em argamassa de cimento Portland**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, Mossoró, 2014.

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

MANDUJANO-RUÍZ, Araceli et al. Evaluación del comportamiento electroquímico del extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) como posible inhibidor de corrosión. **Revista de Metalurgia**, v. 53, n. 4, p. 108, 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2ª edição Brasileira. 4ª Edição em inglês. **São Paulo. Brasil**, 2014.

MONTEIRO, Aline Gomes de S. **Desenvolvimento de aditivo plastificante e retardador de pega para gesso a partir da mucilagem da palma forrageira**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

OLIVEIRA, Helen Carolline Macêdo de. **Incorporação da mucilagem de palma forrageira na elaboração de argamassa cimento Portland**. 2018.

STANCATO, Augusto Cesare. **Caracterização de compósitos à base de resíduos vegetais e argamassa de cimento modificada pela adição de polímeros para a fabricação de blocos vazados**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2006.

TORRES ACOSTA, A. A. et al. Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas. **Publicación Técnica**, n. 326, 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

CARLOS AUGUSTO ZILLI - Possui graduação em Engenharia Civil e Matemática pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2015 e 2005). É doutorando em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2021) e mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2020). Possui especialização em Avaliação de Imóveis e Perícias de Engenharia pelo Instituto de Pós-Graduação - FAPAN (2018), em Gestão de Obras e Projetos pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2017), e em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário de Capivari - FUCAP (2016). É docente no Instituto Federal de Educação de Santa Catarina (IFSC) - Campus São Carlos. Possui experiência na área de Matemática, com ênfase em Educação Matemática e em Engenharia de Avaliações e Perícias, com ênfase em Inferência Estatística. Tem interesse em temas relacionados à Ciência de Dados, Engenharia de Avaliações e Planta de Valores Genéricos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adições minerais 123, 124, 169, 171, 173, 174, 175, 184, 185, 187
Aditivo natural 189, 191
Agregado miúdo 109, 117, 118, 119, 137, 138, 142, 149, 170, 223, 224, 225, 226, 227, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 240, 251
Agregado reativo 169, 173, 185
Algoritmo genético 1, 5
Análise estrutural avançada 43, 44, 45, 48, 49, 60
Argamassa ecológica 237

C

Cinzas de olaria 138
Cisalhamento 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 92, 150, 201, 202, 203, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 233
Concreto 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 41, 42, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 130, 131, 132, 133, 136, 138, 139, 140, 143, 146, 147, 148, 149, 153, 162, 163, 164, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 184, 185, 186, 187, 190, 194, 199, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 260, 262, 266, 267, 268, 269, 270, 271
Concreto armado 1, 3, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 28, 29, 31, 34, 41, 42, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 88, 170, 201, 202, 203, 206, 209, 210, 212, 213, 216, 217, 218, 220, 221, 253, 254, 268, 270, 271
Concreto leve 162, 163
Concreto permeável 162
Confiabilidade estrutural 43, 44, 45, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 270
Construção civil 1, 3, 67, 107, 109, 125, 126, 127, 136, 137, 138, 139, 140, 149, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 167, 170, 189, 191, 202, 205, 223, 224, 225, 226, 234, 235, 237, 239, 244, 251, 252, 254

D

Dimensionamento 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 36, 41, 64, 65, 69, 74, 77, 78, 210, 211

E

Edificações sustentáveis 152

Engenharia de materiais 137, 152, 189, 235

Engenharia estrutural 2, 79, 80, 82, 83, 91, 92

F

Filler 138, 139, 142

I

Incêndio 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 130, 133, 136

Inteligência artificial 253, 268

L

Lajes 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 18, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 65, 67, 84, 87, 93, 206, 244, 245

Lajes lisas 28, 29, 30, 31, 40, 41, 42

Lajes nervuradas 1, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 65

Ligações semirrígidas 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62

M

Materiais de construção civil 137, 237

Material compósito 201, 203, 204, 215

Matéria-prima 152, 153, 154, 155, 162, 190, 224, 225, 238, 239

Método de Hertz 16, 18, 19

O

Opuntia ficus-indica 189, 190, 191

Otimização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 46, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 75, 76, 77, 189

Otimização estrutural 1, 5

Otimização por enxame de partículas 64, 65, 66, 70, 77

P

Patologia 93, 109, 169, 170, 268

Piso misto de pequena altura 79, 80, 83, 89, 90, 92

Pó de balão 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252

Polímero 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 136, 194, 195, 209, 217, 221

Polistireno expansível 162

Pórticos planos 43, 48, 49, 61

Pós-tensionado 93

Propriedades mecânicas e físicas 125, 127, 136

Punção 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42

R

RAA 108, 109, 110, 119, 123, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 184, 185, 187

Reciclagem 137, 155, 159, 160, 163, 223, 224, 225, 234, 235, 236, 251

Reforço 86, 93, 123, 131, 167, 187, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 221

Resíduos da siderurgia 237

Resíduos sólidos 126, 137, 162, 163, 224, 238

Resina poliuretana vegetal 125, 127, 135

S

Simulação numérica 79, 80, 81, 83, 85, 87, 91, 92

Spray drying 189, 190, 191

Sustentabilidade 125, 126, 127, 137, 139, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 224, 235, 252

V

Vidro 161, 201, 209, 213, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Vigas de concreto armado 15, 16, 26, 64, 65, 66, 74, 78, 201, 206, 216, 218, 221

Vigas T 64, 210


COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



 **Atena**
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2021