

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 2



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 2



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 Cremo

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
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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^a Dr^a 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
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. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
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^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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 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
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 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 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
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 2 /
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 978-65-5983-303-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.030211407>

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 segundo volume, apresenta 19 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os desafios enfrentados pela engenharia civil mundo afora, tais como: Enchentes e Ocupações Irregulares, Planejamento Urbano, Manifestações Patológicas em Edificações, Retrofit e Adequação Estrutural, Escolha de Estruturas de Fundação e uso de Tecnologia BIM.

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 ao planejamento urbano, manifestações patológicas, tecnologia BIM, ou desenvolvimento da tecnologia *expander body*, por exemplo.

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

ENCHENTES E OCUPAÇÕES IRREGULARES COMO DESAFIOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM MARABÁ (PA): DELINEAMENTO DE ÁREAS ABAIXO DA COTA SEGUNDO O PLANO DIRETOR

Michael Vinícius Pontes Nunes
Flaviany Luise Nogueira de Sousa
Tháís Carolayne Bastos Rodrigues
Nuria Pérez Gallardo
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira
Alan Monteiro Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114071>

CAPÍTULO 2..... 23

URBANIZAÇÃO DE ENCOSTAS – ESTRATÉGIAS PARA OCUPAÇÃO E CONTENÇÃO

Henrique Dinis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114072>

CAPÍTULO 3..... 32

ESTUDO DAS CAUSAS E ORIGENS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR

Gladis Cristina Furlan
Neusa Eliana Figur
Elmagno Catarino Santos Silva
Calil Abumanssur
Silvana da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114073>

CAPÍTULO 4..... 46

APLICAÇÃO DO MÉTODO SCS PARA SUPORTE AO PLANEJAMENTO URBANO

Wanderson Ferreira dos Santos
Ed Carlo Rosa Paiva
Juliana Alves de Jesus Iraçabal
Bruna Gôbbo de Águas
Thaynara de Almeida Corrêa Silva
Lariane Fernanda de Deus Faria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114074>

CAPÍTULO 5..... 68

PRAÇAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DE MERITI: UMA ANÁLISE DA MANUTENÇÃO DAS PRAÇAS

Aline da Silva de Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114075>

CAPÍTULO 6..... 80

UTILIZAÇÃO DA FIBRA DO AÇÁI NA COMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS PARA PASSEIO PÚBLICO NA CIDADE DE SANTARÉM-PA

Fernanda Camila Ramos Rodrigues
Liandra Caroline Avelino Rego
Marlon David Almeida da Silva
Suene Riley Guimarães da Silva
Sérgio Gouvêa de Melo
Hugo Ricardo Aquino Sousa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114076>

CAPÍTULO 7..... 94

RETROFIT E ADEQUAÇÃO ESTRUTURAL PARA MUDANÇA DE USO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL PARA COMERCIAL

Daniel de Oliveira Pereira
Elizabeth Montefusco Lopes
Guilherme Guelfi Binati
Lucas Gonçalves de Oliveira
Sthefanie Busch Andres Montes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114077>

CAPÍTULO 8..... 107

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE MISTURAS RAP E SOLO PARA APLICAÇÃO EM VIAS VICINAIS

Adriely Maria Sandi
Gislaine Luvizão
Fabiano Alexandre Nienov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114078>

CAPÍTULO 9..... 123

EVOLUÇÃO NORMATIVA BRASILEIRA SOBRE SISTEMAS PREDIAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Luciano Zanella
Wolney Castilho Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114079>

CAPÍTULO 10..... 133

FUNDAÇÕES MAIS USUAIS DE AEROGERADOR: ESCOLHA EM FUNÇÃO DA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA, PROCESSO EMPÍRICO

Adriana Dominique da Costa Rocha de Sá
Giovanni Maciel de Araújo Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140710>

CAPÍTULO 11..... 151

O USO DA PLATAFORMA BIM PARA OTIMIZAÇÃO DAS OBRAS PÚBLICAS: UMA ANÁLISE DO MODELO DIGITAL E OS RESULTADOS ESPERADOS PELA ESTRATÉGIA

BIM BR

Michely Cristina Melo Kretschmer
Paulo Roberto Nascimento de Góes
Peter Ruiz Paredes
André Luís Oliveira Gadelha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140711>

CAPÍTULO 12..... 165

A TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ana Carolina Martins de Pádua
Pedro Lucio Bonifacio
Darlan Einstein do Livramento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140712>

CAPÍTULO 13..... 173

PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS EM BARRAGENS

Rafaela Baldi Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140713>

CAPÍTULO 14..... 179

REDUÇÃO DA AMPLITUDE TÉRMICA POR MEIO DE TECNOLOGIA VERDE: ESTUDO DE CASO NO INVERNO DE SÃO CARLOS-SP, BRASIL

Nuria Pérez Gallardo
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira
Alan Monteiro Borges
Flaviany Luise Nogueira de Sousa
Stéfane Mireles da Silva Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140714>

CAPÍTULO 15..... 190

ANÁLISE DO FENÔMENO DE *FLUTTER* EM UMA AERONAVE NÃO TRIPULADA

Robert Davis Cavalcanti Barros
Francisco Gilfran Alves Milfont

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140715>

CAPÍTULO 16..... 197

COMPARAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS TABULAR E GRÁFICO NA DETERMINAÇÃO DO TEMPO REQUERIDO DE RESISTÊNCIA AO FOGO EM VIGAS CONTÍNUAS

Jefferson Milton Muller Martins
Elie Chahdan Mounzer

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140716>

CAPÍTULO 17..... 215

COMER; BEBER E REZAR: UMA CIDADE DE 15 MINUTOS AMAZÔNICA

Arthur Gabriel Lopes Leal

Romerito Rodrigues Vieira
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140717>

CAPÍTULO 18.....223

OSMOSE INVERSA UTILIZADA NA REMOÇÃO DE FLUOXETINA DE ÁGUA DE SOLUÇÕES MODELO

Talita Dalbosco
Gabriel Capellari Santos
Vandré Barbosa Brião
Nelson Miguel Grubel Bandeira
Aline Manfroi Soster

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140718>

CAPÍTULO 19.....228

O AVANÇO DA TECNOLOGIA *EXPANDER BODY* NO BRASIL

Carlos Medeiros Silva
Fernando Feitosa Monteiro
Renato Pinto da Cunha
Yago Machado Pereira de Matos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140719>

SOBRE O ORGANIZADOR.....238

ÍNDICE REMISSIVO.....239

CAPÍTULO 3

ESTUDO DAS CAUSAS E ORIGENS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 10/06/2021

Gladis Cristina Furlan

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Toledo – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5786315637913516>

Neusa Eliana Figur

Universidade Federal do Paraná
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/2717777108223347>

Elmagno Catarino Santos Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Toledo – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4875271665841855>

Calil Abumanssur

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Toledo – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6047294203715165>

Silvana da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Toledo – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7057617618261876>

RESUMO: A baixa qualidade das obras públicas é um tema que vem sendo muito discutido nos últimos tempos no Brasil, especialmente a partir da elaboração dos programas de qualidade da construção. O emprego de métodos construtivos ainda muito artesanais, bem como falta ou falha de qualificação da mão de obra e controle de qualidade dos processos e materiais, são

dificuldades ainda inerentes às construções. Em edificações públicas esta situação se torna ainda mais evidente o que pode ser atribuído, dentre outras coisas, ao critério de contratação destas obras, o de menor preço, onde se preza muitas vezes pela redução máxima dos custos em detrimento da qualidade. O resultado são edificações com reduzida durabilidade e desempenho e com alto custo de manutenção. Em vista disso, esta pesquisa consiste em, por meio de um estudo de caso, analisar as causas e origens de manifestações patológicas em uma edificação pública no município de Toledo -PR. Foram feitas visita *in loco* ao canteiro de obras durante todas as fases do processo construtivo e constadas as falhas de execução por meio de consultas às normas técnicas da ABNT bem como de pesquisas de autores consagrados na área de estudo. Verificou-se que a maioria, senão a integridade das anomalias, provêm das falhas cometidas pela mão de obra além da má qualidade dos materiais, evidenciando a ineficiência do critério de contratação de obras públicas no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias; Obras públicas; Toledo - PR.

STUDY OF THE CAUSES AND ORIGINS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN PUBLIC WORKS IN THE MUNICIPALITY OF TOLEDO-PR

ABSTRACT: The low quality of public works is a topic that has been much discussed in Brazil in recent times, especially since the elaboration of construction quality programs. The use of construction methods that are still very artisanal,

as well as the lack or lack of qualification of the workforce and quality control of processes and materials, are difficulties that are still inherent to constructions. In public buildings, this situation becomes even more evident, which can be attributed, among other things, to the criterion for hiring these works, the one with the lowest price, where the maximum cost reduction is often considered to the detriment of quality. The result is buildings with reduced durability and performance and a high maintenance cost. In view of this, this research consists of, through a case study, analyzing the causes and origins of pathological manifestations in a public building in the municipality of Toledo-PR. On-site visits were made to the construction site during all phases of the construction process and implementation failures were found through consultations with ABNT technical standards as well as research by renowned authors in the study area. It was found that most, if not the integrity of the anomalies, come from the failures committed by the workforce, in addition to the poor quality of materials, showing the inefficiency of the criteria for hiring public works in Brazil.

KEYWORDS: Pathologies; Public works; Toledo - PR.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente o processo de licitações públicas no Brasil é regulamentado pela Lei 8.666 de junho de 1993, por meio de concorrência pública, no qual estabelece o tipo de licitação, ou seja, o critério a ser considerado pelo administrador quando do julgamento das propostas para execução de determinada obra. Segundo Fabricio (2002), de maneira geral, a licitação de menor preço é a que prevalece, ou seja, as propostas, independentemente de sua qualidade, mas estando em conformidade com os requisitos mínimos do edital, serão classificadas conforme a proposta, vencendo aquela de menor preço.

O mesmo autor questiona se o critério do menor preço vem contribuindo para que a contratação de produtos, obras e serviços sejam eficientes e de qualidade. “Se uma empresa trabalha com preço ruim, ele não tem como manter profissionais de alta qualidade para elaborar um projeto que atenda todos os aspectos de uma determinada obra. Isso contrapõe preço e qualidade”, afirma Maurício de Lana, membro-diretor da Associação Brasileira de Consultores de Engenharia (ABCE).

Neste contexto, o presente trabalho foi baseado em um estudo de caso, considerando problemas patológicos identificados em uma edificação pública, ainda em fase de construção, no município de Toledo-PR.

2 | METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica a respeito de patologias das construções, onde buscou-se em bibliografias nacionais e internacionais (livros, artigos e periódicos) e arquivos eletrônicos, fundamentos para o desenvolvimento e sustentação do tema.

Paralelamente à revisão bibliográfica, foram levantados os problemas patológicos

da obra em estudo. Para isto foram realizadas visitas in loco. Os dados coletados são sigilosos e foram protegidas a identificação tanto da empresa responsável pela execução assim como a obra acompanhada.

Para a identificação das manifestações patológicas, adotou-se como metodologia a inspeção visual e o levantamento fotográfico. Foram investigados ainda, os processos executivos que vieram a ocasionar tais falhas.

Nas análises feitas por meio da inspeção visual da edificação, buscou-se irregularidades como: trincas, infiltração, eflorescências, corrosão. Posteriormente, estes dados foram analisados, sendo executado seu diagnóstico onde foram identificadas as causas para a ocorrência das patologias.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para lantas (2010) e Oliveira (2013) as patologias construtivas apresentam manifestações externas que permitem identificar sua natureza, origem e os mecanismos envolvidos no seu desenvolvimento, além de indicar as atividades em que ocorrem as falhas do sistema de controle de qualidade. Além disso, segundo Helene (1992), os problemas patológicos possuem característica evolutiva e tendência a agravar-se com o tempo, ou ainda, possibilitarem o desenvolvimento de outros problemas associados ao inicial. Em vista destes conceitos, segue-se ao apontamento das principais anomalias e defeitos encontrados na obra em estudo.

3.1 Anomalias

Durante a investigação dos problemas em obra, foram identificadas diferentes anomalias, sejam elas: manchas, fissuras, corrosão de armaduras, ninhos de concretagem (segregação dos materiais constituintes do concreto), dentre outras. Os itens a seguir apresentam as principais manifestações patológicas identificadas nos diferentes componentes da edificação (parede de alvenaria, revestimentos argamassados e cerâmicos, pisos, forro, vigas e lajes), bem como o processo executivo que lhe deu causa.

3.1.1 Fissuras em alvenaria de vedação em bloco cerâmico

Cargas verticais de compressão em paredes de alvenaria ocasionam fissuras tipicamente verticais, devido aos esforços de tração transferidos aos tijolos pelo atrito com a junta de argamassa, como se observa na Tabela 1 (Fissura tipo 2). Por outro lado, em paredes com aberturas, sobrecargas verticais geram fissuras inclinadas nos vértices dos vãos como as fissuras do tipo 1. Já as fissuras verticais na região sob o peitoril, segundo Thomaz et al. (1989), surgem devido ao fato de tensões diferenciadas, transmitidas ao solo em paredes com aberturas, provocar flexão negativa dos peitoris, ou seja, as paredes nos peitoris transmitem cargas menores que as laterais das janelas.

Tipo de fissura	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
<p>1) Fissura localizada nas extremidades de aberturas e verticais nos peitoris de janelas</p>  <p>2) Fissuras verticais em paredes sem aberturas e/ou próximo de aberturas</p> 	<p>Fechamento de alvenaria sem a execução de vergas e contra vergas: NBR 8545: 1984</p>  <p>Blocos cerâmicos de baixa qualidade, apresentando trincas e quebras (NBR 15270: 2005) além da não execução de juntas verticais no assentamento da alvenaria (NBR 8545:1984).</p> 
Tipo de fissura	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
<p>3) Fissura mapeada</p>  <p>4) Fissura horizontal no encontro de viga e alvenaria</p>  <p>5) Fissura vertical no encontro entre pilar de concreto armado e parede de alvenaria</p> 	<p>Retração da argamassa de revestimento: não realização de ensaios para verificação da umidade dos materiais (areia: NBR 9775:2011) resultando em misturas com excesso de água e ainda, não umidificação da camada de substrato de modo a impedir a absorção de excessiva de água pelo mesmo (NBR 7200:1998).</p> <p>Deficiência na execução do encunhamento de paredes (NBR 8545:1984)</p>  <p>Ausência de encabeçamento dos blocos e não emprego de engastamento com barra de aço ("ferro cabelo") (NBR 8545:1984).</p> 

Tabela 1. Fissuras em paredes de alvenaria.

Tem-se ainda, que os vãos na alvenaria que recebem janelas e portas, são regiões de grande concentração de tensões. Assim sendo, as tensões predominantemente verticais nestas áreas, tornam-se propícias ao aparecimento de fissuras verticais próximas à extremidade da esquadria ou exatamente nas extremidades superiores ou inferiores da mesma (Fissuras tipo 2). A ocorrência deste tipo de fissura é influenciada ainda, segundo Thomaz et al. (1989), pela qualidade e resistência dos materiais constituintes das alvenarias, pois a ruptura por esmagamento ocorre devido à incapacidade do material em resistir às solicitações de compressão.

Outro fator identificado em obra que teve contribuição na evolução de tais fissuras está na não execução das juntas verticais em paredes de alvenaria, chamadas também de “juntas secas”, as quais diminuem a capacidade de redistribuição das tensões desenvolvidas nas paredes e resulta em prejuízo à resistência ao cisalhamento (THOMAZ & HELENE, 2000).

Já as fissuras com a tipologia 3, estão associadas a uma deformação total externa do composto de cimento e é influenciada por um conjunto de fatores, dentre eles, a principal causa, segundo Duarte (1998), é a perda de água da argamassa de cimento. O volume ocupado inicialmente pelo material no estado plástico diminui conforme as condições ambientais de temperatura e umidade e a evolução da matriz cimentícia, ou seja, com a evaporação da água, a argamassa de cimento retrai deixando espaços vazios, os quais caracterizam as fissuras na superfície da mesma (SCARTEZINI, 2002).

Por outro lado, um dos fatores que pode provocar fissuras localizadas logo abaixo de elementos de concreto armado, como é o caso de vigas (Tipo 4), é o recalque plástico do concreto, que, na execução precoce do encunhamento da parede, logo após a concretagem da viga, provoca o abatimento da alvenaria recém-construída, resultando no desprendimento da parede do componente superior (THOMAZ ET AL., 1989).

Segundo Magalhães (2004) as fissuras por deficiência de amarração entre pilar e alvenaria (Tipo 5), originam-se pela movimentação da alvenaria ligada a outros fenômenos, como por exemplo, variação térmica, retração, recalque, ou ainda, conforme Thomaz et al. (1989), por expansão da alvenaria devido à absorção de umidade. Em outras palavras, quando a solicitação causada pela movimentação encontra o plano de fraqueza da deficiência de amarração, surgem fissuras.

Observou-se ainda, que determinadas manifestações patológicas apresentadas na Tabela 1, desencadearam o desenvolvimento de outras manifestações como mostra a (Fig. 1), onde fissuras nos cantos de janelas e trincas na interface viga/alvenaria possibilitaram o desenvolvimento de pontos localizados de infiltração, e ainda, no caso das trincas horizontais na interface viga/alvenaria, o deslocamento de revestimento cerâmico em fachadas aliada a não execução de junta de movimentação do revestimento como recomendado pela NBR 8214: 1983.

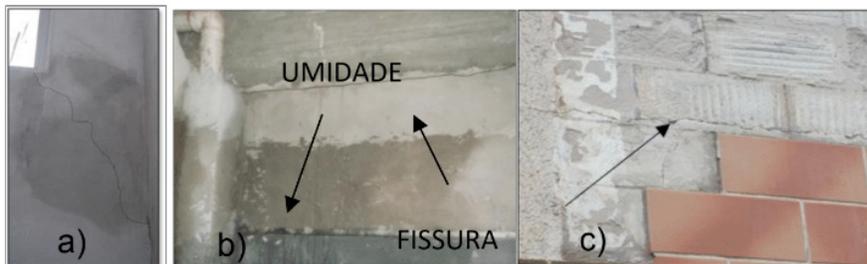


Figura 1. Problemas associados ao inicial. a) Infiltração em cantos de janelas b) Infiltração na interface viga/parede c) Deslocamento de revestimento cerâmico.

3.1.2 Manchas e eflorescências

A não execução das juntas verticais na alvenaria, aliado a prováveis falhas na impermeabilização do reboco da fachada e o desenvolvimento de trincas por retração da argamassa de revestimento, deixam caminho livre para a passagem da água resultando em manchas de infiltração em paredes e rejuntas de revestimento cerâmico (Tabela 2).

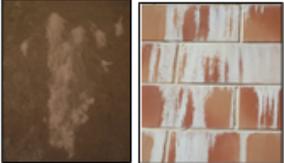
Manchas e eflorescências	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
6) Manchas em parede e rejuntas de revestimento cerâmico em face interna de paredes de fachada	Ausência de impermeabilização nas paredes de fachada (NBR 7200: 1998) e não execução de juntas verticais no assentamento da alvenaria de blocos cerâmicos ("juntas secas")
	
Manchas e eflorescências	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
7) Eflorescências em revestimentos argamassados e cerâmicos de fachada	Presença de sais solúveis, água e pressão hidrostática. Armazenamento inadequado dos materiais de procedência duvidosa (NBR 12655: 2015)
	

Tabela 2. Manchas e eflorescências em revestimentos argamassados e cerâmicos.

3.1.3 Fissuras em elementos estruturais

Foram identificadas ainda, fissuras verticais em elementos estruturais como vigas de concreto armado conforme Tabela 3.

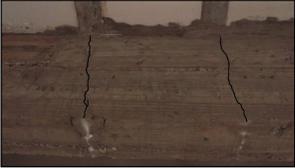
Tipo de fissura	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
8) Fissuras verticais em vigas 	Alteração do tipo de laje, de bidirecional para unidirecional, sem atualização do projeto estrutural das vigas e pilares.

Tabela 3. Fissura em elementos estruturais.

A laje nervurada treliçada bidirecional possuía nervuras em duas direções ortogonais entre si, permitindo maior distribuição dos esforços nos apoios, os quais se dão em todas as direções. Já na laje nervurada treliçada unidirecional, as nervuras eram dispostas em uma única direção, normalmente na direção de menor vão, distribuindo os esforços entre as vigotas em apenas uma direção e em apenas dois apoios (CUNHA, 2012). A troca do tipo de laje, de bidirecional para unidirecional, induziu uma alteração no carregamento das vigas, ocasionando a redistribuição das cargas na estrutura.

3.1.4 Infiltração em lajes de cobertura

Em obra, constatou-se a inexistência de projeto de impermeabilização com as especificações detalhadas dos sistemas de impermeabilização a serem utilizados na obra, sendo sua localização prevista apenas em planilha contratual, porém sem quaisquer detalhes construtivos ou especificação técnica. A Tabela 4 mostra o surgimento de manchas de bolor na laje de cobertura.

Tipo de fissura	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
9) Manchas de bolor na face inferior de lajes de cobertura 	Deficiência na execução do nivelamento (NBR 9575: 2010) e impermeabilização de ralos 

Tabela 4. Manchas de bolor.

O sistema de impermeabilização empregado nas lajes de cobertura foi borracha líquida aplicada sobre a superfície de concreto, com rolo de pintura, em duas demãos, diretamente sobre a capa da laje, não sendo identificada a execução de camada de proteção mecânica como recomenda (VACCHIANO, 2014). Verificou-se ainda, a ineficiência da drenagem e acúmulo de água devido ao pouco caimento da laje e falta de cuidado na impermeabilização de ralos.

3.1.5 Corrosões em armaduras

Em determinados elementos estruturais (Tabela 5), como vigas e escada de concreto armado, contatou-se armaduras dispostas próximo das superfícies quando da sua colocação nas formas, permanecendo sujeitas à presença de água e ar, podendo levar a um processo de corrosão dessa armadura como observado por Thomaz et al. (1989).

Tipo de fissura	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
10) Armadura positiva de laje de piso em concreto armado com armadura exposta 	Inobservância do cobrimento mínimo da armadura (NBR 6118: 2014). Não foram empregados os espaçadores de concreto, conforme as recomendações técnicas
11) Ninhos de concretagem 	Não uniformidade no adensamento, uma vez que este foi realizado com vibrador de imersão (NBR 14931: 2004)

Tabela 5. Corrosões.

3.1.6 Infiltrações em esquadrias

Identificou-se umidade (Tabela 6) próxima à região da contraverga devido a deficiência na vedação aliada à falta de declividade do peitoril, bem como a falta de barreira de vedação na face superior do peitoril que evite a entrada de água. Já na face superior, a ausência de declividade favorável que impeçam o escoamento da água para a face interna da edificação aliada a ausência de vedação.

Infiltração em esquadrias	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
<p>12) Manchas de infiltração em faces de esquadrias de alumínio</p> 	<p>a) Infiltração na face inferior – peitoril - devido a falta de prolongamento longitudinal do peitoril em relação às arestas laterais das aberturas de janelas. b) Infiltração na face superior - encontro janela/verga devido à ausência de vedação da interface aliada à ineficiência ou falta de barreira de vedação. (NBR 10821-3: 2011)</p> 

Tabela 6. Manchas infiltração em regiões próximas à esquadrias.

3.1.7 Fissuras em forro de gesso

Grande parte do revestimento do teto, da obra em estudo, foi feito com placas de gesso de 0,60 x 0,60cm encaixadas uma a uma por sistema macho e fêmea, com fixação por arame galvanizado preso a laje (pendurais). A Tabela 7 mostra ocorrências de fissuras em forro de gesso.

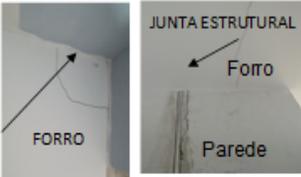
Fissura em forro de gesso	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
<p>13) Fissuras em forros de gesso comum em cantos de parede e paralelas à junta de dilatação da estrutura</p> 	<p>Ausência de juntas de dessolidarização e de movimentação entre a parede e o forro, utilização de pendurais na diagonal imprimindo esforços horizontais nas placas e inexistência de juntas de dilatação nos forros</p> 

Tabela 7. Trincas em forros de gesso.

De modo a prevenir as trincas em forros de gesso, Yazigisi (1998) menciona que é necessário permitir a livre movimentação do mesmo. Para tal, recomenda a execução de juntas de dessolidarização entre o forro e as paredes ou elementos da estrutura, permitindo que estes movimentem de maneira diferencial. O mesmo autor prevê que os arames que sustentam as placas de gesso, devem ser fixados sempre a prumo. Quando não for possível, utilizar outro tirante na diagonal oposta, de modo a não criar esforços horizontais nas placas, uma vez que o gesso é um material que apresenta baixa resistência à tração e ao cisalhamento. Em forros extensos, porém, devem ser realizadas juntas de movimentação ou dilatação intermediárias.

3.1.8 Fissuras em piso de granilite

A solidarização dos revestimentos em granilite ocorreu após o revestimento ter aderido ao substrato. Neste caso, quando há perturbações ocasionadas tanto pelo granilite como pelo substrato, podem ocorrer tensões na ligação entre eles que levarão à formação de fissuras. Estas por sua vez, podem prolongar-se tanto do granilite para o substrato, como do substrato para o granilite (Tabela 8).

Fissura em piso de granilite	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
14) Fissura em piso granilite	Propagação de fissuras oriundas da má execução de juntas de concretagem de piso de concreto, intensificada pela ausência de uma camada de dessolidarização entre revestimento/base
	

Tabela 8. Trincas em piso de granilite.

3.2 Imperfeições

Além das anomalias identificadas no item anterior foram observadas ainda, evidenciando a má qualidade da obra empregada, imperfeições como paredes fora de prumo (Fig. 2a) e esquadro (Fig. 2b).

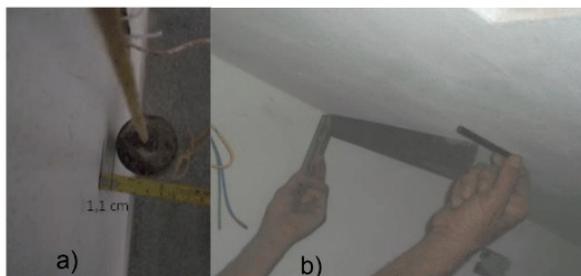


Figura 2. Defeitos em paredes de alvenaria: a) Parede fora de prumo. b) Parede sem esquadro.

Em visitas ao canteiro de obras verificou-se que, em grande parte, a execução da alvenaria era realizada sem o emprego de equipamentos e ferramentas que auxiliassem na determinação, tanto do alinhamento horizontal como do vertical, conforme recomendações da NBR 8545:1984 (Fig. 3).

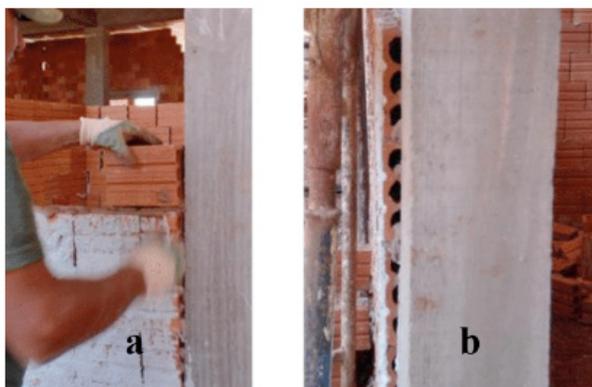


Figura 3. a) Assentamento de alvenaria sem o emprego de ferramentas adequadas. b) parede concluída.

Em decorrência de tais falhas, em determinados locais, na intenção de corrigi-las, optou-se por engrossar a camada de emboço, como é possível observar na (Fig. 4), onde a espessura do emboço é de cerca de 9 cm, extrapolando os limites estabelecidos pela NBR 13749:2013 ($5 \leq e \leq 20\text{mm}$ para parede internas e $20 \leq e \leq 30$ para paredes externas) resultando, além do desperdício de material, inserção de cargas não previstas no dimensionamento da estrutura.



Figura 4. Emboço em parede de alvenaria em desaprumo.

A não observância do prumo e nível das paredes e revestimentos, principalmente nas laterais de vãos, dificultou a instalação dos caixilhos das esquadrias, especialmente de madeira. Já paredes fora de esquadro interferem na execução do piso cerâmico, exigindo corte do mesmo condizente com o alinhamento da parede, e dificuldade na disposição dos móveis.

Outro elemento construtivo, no qual foram identificadas imperfeições, foram os pisos cerâmicos em boxes de banheiros (Fig. 5).



Figura 5. Caimento inadequado em piso cerâmico em boxes de banheiros.

Observou-se que a tanto o caso de lajes pré-moldadas de pisos superiores, como em substratos de concreto em pisos térreos, não fora executado camada de regularização. Na tentativa de corrigir o problema, buscou-se, com a própria argamassa de assentamento de piso fazer o caimento do piso para os ralos. As argamassas de assentamento, porém, em comparação com o concreto ou argamassa de cimento e areia, apresentam menor consistência quando da adição da água, não permitindo o posicionamento desejado das peças. Como resultado, além do consumo excessivo de material devido à grande espessura exigida da camada de argamassa para assentamento, não se obteve o resultado esperado, como verificado.

4 | CONCLUSÃO

As conclusões obtidas a partir da análise das causas e origens das manifestações patológicas na edificação tornam evidente a importância do controle de qualidade na execução dos processos construtivos bem como investimentos na qualificação da mão de obra uma vez que, a integridade das anomalias identificadas foram atribuídas a não observação dos critérios e orientações técnicas presentes nas normativas técnicas da ABNT, o que mostra a baixa qualidade da mão de obra e/ou ainda a falta de treinamento da mesma.

Durante os estudos, constatou-se também que essa baixa qualidade adveio, não somente da mão de obra, mas também do ineficiente comando e fiscalização de equipe tanto por parte do mestre de obras como do engenheiro civil, os quais deveriam orientar os operários para a correta execução dos serviços.

E por fim, pode-se concluir que o critério de contratação de obras públicas atualmente empregadas de forma majoritária no Brasil, é ineficiente, pois o que predomina em detrimento da qualidade das obras é a máxima redução de custos essencialmente com a contratação da mão de obra barata e, em grande parte, sem qualidade. Ou ainda, no emprego de materiais de baixa qualidade, como verificado principalmente em relação aos blocos cerâmicos, visivelmente de baixa qualidade.

REFERÊNCIAS

FABRÍCIO, M. M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, *Universidade de São Paulo*, São Paulo, 2002.

IANZAS, L. C. **Estudo de caso: Análise de patologias estruturais em edificação de gestão pública**. Monografia (Título de Especialista em Construção de Obras Públicas) - Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2010.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Projeto de Graduação (Curso Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto**. 2ª ed., 3ª reimpressão (jan. 96). São Paulo: Editora PINI, 1992.

THOMAZ et al. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, c1989. 194 p.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**, São Paulo: EPUSP, 2000.

DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. Boletim Técnico n. 25.

SCARTEZINI, L. M.B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassas: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

MAGALHÃES, E. F., **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidência no Estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação (mestrado em engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004, p. 180.

CUNHA, M. O. **Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com armação treliçada.** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

VACCHIANO, I. **Manual Prático do Mestre de Obras**, 3º ed.V.10, 2014.

YAZIGI, Walid, **A técnica de Edificar**, Editora: Pini: SindusCon – SP, 1998.

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

Abastecimento complementar 123
AeroDesign 190, 191, 195, 196
Aeroelasticidade 190, 191
Água de chuva 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132
Alteração de ocupação 95
Atualização de edifícios existentes 95

B

Barragens 173, 174, 175, 177, 178
Bioarquitetura 179

C

Cidade de 15 minutos 215, 216, 217
Coberturas verdes 179, 184, 188, 189
Comportamento térmico 179, 181
Concreto 26, 28, 29, 34, 36, 38, 39, 43, 44, 69, 70, 71, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 102, 106, 110, 120, 121, 136, 140, 184, 197, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 210, 211, 213, 214
Construção 2, 5, 8, 10, 14, 21, 22, 25, 26, 29, 32, 33, 44, 69, 70, 76, 77, 79, 80, 95, 96, 97, 100, 103, 104, 105, 106, 116, 126, 136, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 165, 166, 168, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 183, 184, 197

D

Desempenho 9, 32, 96, 106, 107, 111, 114, 115, 127, 152, 188, 191, 225, 228, 235, 236
Diretrizes 6, 7, 10, 47, 66, 72, 123, 174, 221
DywiExpander 228, 229

E

Enchente 1, 17, 18
Energia eólica 133, 134, 135, 140, 148, 149
Estacas 26, 27, 28, 30, 31, 140, 141, 142, 145, 146, 148, 228, 229, 232, 233, 235, 236, 237
Estratégia BIM BR 151, 152, 158, 164
Expander body 228, 229, 231, 232, 233, 234, 236, 237

F

Fachadas verdes 179, 183, 189

Fibra de açaí 80, 81, 92

Flutter 190, 191, 192, 193, 195, 196

Fontes alternativas 123, 124, 129, 130, 131, 188

Fresagem 107, 108, 110, 120

I

Incêndio 125, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 206, 213, 214

Intertravado 71, 78, 80, 81, 92

M

Manutenção 12, 30, 32, 47, 65, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 97, 106, 108, 109, 120, 121, 126, 127, 151, 152, 153, 158, 163, 174

Marabá 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 179, 215, 216, 221, 222

Matriz de significância 68, 72, 74

Método gráfico 197, 199, 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 214

Método SCS 46, 48, 51, 61

Método tabular 197, 199, 201, 202, 203, 206, 207, 209, 211, 212, 213

Modelagem 97, 151, 152, 153, 155, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 170

Modelo virtual 151, 158, 159, 162, 163

Modernização de edifícios 95

O

Obras de contenção 23, 25, 26, 28, 30

Obras públicas 32, 44, 151, 152, 158, 162, 163, 168, 170

Ocupação não planejada de encostas 23

Ocupações irregulares 1, 4, 6, 12, 13, 14, 15, 21, 22, 25, 30

Osmose inversa 223, 224

Otimização 151, 158, 163, 170

P

Patologias 32, 33, 34, 44, 97, 103

Pavimentação 14, 69, 71, 93, 107, 109, 110, 120, 121

Planejamento de obras 95

Planejamento urbano 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 20, 21, 22, 46

Plano diretor 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 55, 58, 59, 65, 67, 106

Plataforma BIM 151, 158, 159, 163

Poluentes emergentes 223, 224

Praças urbanas 68, 69, 73

R

RAP 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 121

Reabilitação de edifícios 95

S

Serviços 14, 31, 33, 44, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 109, 136, 164, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221

Situações emergenciais 173

Solo 2, 7, 8, 11, 12, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 73, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 126, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 174, 177, 216, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 236, 237

Solução técnica 133

Sondagem 133, 134, 137, 138, 147, 149, 234, 235

Sustentabilidade 7, 8, 22, 62, 67, 80, 97, 152, 153, 158, 170, 174, 181, 225

T

Tecnologia 94, 97, 106, 124, 152, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 179, 228, 229, 230, 232, 233, 236, 237

Tratamento de água 223, 226

TRRF 197, 199, 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 213

U

Urbanização 2, 4, 7, 9, 11, 12, 13, 20, 22, 23, 24, 25, 46, 47, 48, 54, 55, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 180

V

Vicinais 107, 108, 109, 111, 116, 119, 121, 122

Volume de escoamento superficial 46, 48, 51, 54, 58, 61, 63, 64, 65

Z

Zoneamento 1, 4, 7, 8, 12, 21, 22, 177

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 2



 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 2



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2021