

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 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 Lúvia 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 Cremona
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.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.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

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 05/05/2021

Daniel de Oliveira Pereira

Centro Universitário do Instituto Mauá de
Tecnologia
São Caetano do Sul – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1232649855472095>

Elizabeth Montefusco Lopes

Centro Universitário do Instituto Mauá de
Tecnologia
São Caetano do Sul – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5768597663062084>

Guilherme Guelfi Binati

Centro Universitário do Instituto Mauá de
Tecnologia
São Caetano do Sul – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0407693717780816>

Lucas Gonçalves de Oliveira

Centro Universitário do Instituto Mauá de
Tecnologia
São Caetano do Sul – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0858957553042195>

Sthefanie Busch Andres Montes

Centro Universitário do Instituto Mauá de
Tecnologia
São Caetano do Sul – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2535748932122999>

RESUMO: A necessidade da expansão da capacidade dos centros urbanos aumenta cada vez mais nas cidades ao redor do mundo. Ao

mesmo tempo, as edificações mais antigas ficam ultrapassadas, o que provoca insegurança e colabora para a degradação da cidade, tornando necessário reabilitá-las. O objetivo desse artigo é desenvolver o projeto de *retrofit* de um edifício residencial mudando seu uso para comercial e sua viabilidade técnica e econômica, analisando as soluções necessárias para adequações e apresentando técnicas de planejamento, execução e segurança. A metodologia deste trabalho divide-se em pesquisa de referências, estudo de caso e análises de viabilidade. Como resultado, o projeto alterou o uso da edificação, incluindo 16 “boxes” alugáveis de depósito, 125 caixas postais, um auditório para 74 pessoas, 34 postos de trabalho individuais, e 13 salas de reunião que comportam de 2 a 8 pessoas, incluindo área de descompressão e cobertura estilo *rooftop*. Para adequar às normas vigentes foi feito a compensação de cargas, o carregamento do edifício após o *retrofit* é de 3,15kN/m² frente a 3,50kN/m² antes das modificações, além de reduzir 48,5% do carregamento permanente pela mudança dos materiais das divisórias. Com as demolições foram gerados apenas 20% do entulho, comparado a uma demolição total. O novo uso tem estimativa para gerar até R\$80.292,97/mês resultando tempo de retorno de investimento de entre 3 anos e 9 meses a 12 anos e 5 meses dependendo do cenário. Conclui-se que o planejamento para obras de *retrofit* segue os mesmos padrões de edificações construídas do zero, porém, com fases adicionais como, por exemplo, de demolição controlada. Além disso, conclui-se que a reabilitação é uma grande obra desafiadora, onde deve-se coordenar e entender

todas as disciplinas de engenharia de construção civil, pois a complexidade desse gênero de empreendimento é maior de um que carece de restrições impostas por trabalhos anteriores.

PALAVRAS-CHAVE: Modernização de edifícios. Reabilitação de edifícios. Atualização de edifícios existentes. Planejamento de obras. Alteração de ocupação.

RETROFIT AND STRUCTURAL SUITABILITY FOR CHANGE OF USE FROM A RESIDENTIAL BUILD TO A COMMERCIAL BUILD

ABSTRACT: The increasingly need to expand the capacity of urban centers is increasing in cities around the world. At the same time, the older buildings are outdated, which causes insecurity and contributions to the city's degradation, making it necessary to rehabilitate them. The objective of this paper is to develop the retrofit project of a residential use to commercial building and its technical and economic viability, analyzing the necessary solutions for adaptations and presenting planning, execution and security techniques. The methodology is divided into references on the subject, case study and viability analyze. As a result, the project changed the building's use, including 16 rentable storage rooms, 125 mailboxes, an auditorium with a capacity for 74 people, 34 individual workstations, and 13 meeting rooms that hold 2 to 8 people, including decompression area and rooftop-style coverage. In order to adapt the current regulations, the compensation of loads was made, the building load after retrofit is 3.15kN/m² compared to 3.50kN/m² before the modifications, besides reducing 48.5% of the permanent load due to the partition materials change. With the demolitions, only 20% of the debris was generated compared to a total demolition. The new use has the potential to generate up to R\$80,292.97/month resulting in an investment return time from 12 years and 5 months in the pessimistic scenario to 3 years and 9 months in the optimistic scenario. It was possible to conclude that the planning for retrofit works follows the same standards of buildings built from scratch, however, with some more phases, such as controlled demolition. In addition, it is concluded that rehabilitation is a great challenging project, where all the engineering disciplines of civil construction must be coordinated and understood, since the complexity of this type of enterprise is greater than one that lacks restrictions imposed by previous works.

KEYWORDS: Building modernization. Building rehabilitation. Update of existing buildings. Construction planning. Occupation change.

1 | INTRODUÇÃO

A quantidade de terrenos disponíveis para edificações em grandes centros urbanos vem se tornando ao longo do tempo cada vez menor, enquanto a quantidade de edifícios antigos abandonados, que acabam sendo invadidos e vandalizados, aumenta consideravelmente (HELENE, MIRANDA, *et al.*, 2015). A reabilitação de edifícios é um assunto que está na pauta de discussões do setor da construção civil (CROITOR, 2008). No Brasil, esse mercado tem potencial para atrair mais adeptos, visto que a reabilitação dos sistemas prediais deve ser realizada a cada 25 anos nas edificações. Dessa forma, a quantidade de edificações aptas à reabilitação já é considerável e deverá continuar

crescendo (DUCAP, ORIOLLI e QUALHARINI, 2015).

Ao longo dos anos, o conceito de *retrofit* passou a ser utilizado na construção civil, para denominar o processo de atualização tecnológica e modernização, para aumentar a vida útil, o conforto, a funcionalidade e o desempenho das edificações (BARRIENTOS, 2004). Segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15575 (2013), o *retrofit* é a remodelação ou atualização tecnológica dos sistemas do edifício sob o interesse na valorização do imóvel, mudança de uso, aumento de vida útil ou da eficiência operacional e energética.

Considerar o estado atual da estrutura, afeta diretamente a viabilidade técnica do *retrofit* de edifícios, pois com o passar dos anos sofrem com degradações de vários tipos e o fato deles estarem abandonados, faz com que não sejam realizadas manutenções necessárias para garantir um desempenho satisfatório. Segundo Helene *et al* (2015), para garantir um bom desempenho da estrutura, é necessário inspecioná-la, elaborar um diagnóstico completo e, caso seja preciso, realizar medidas corretivas.

Mostrando ser um processo mais econômico e eficiente do que a alternativa demolição e reconstrução, a quantidade de empreendimentos de reabilitação ao redor do mundo tem aumentado. O processo de demolição de uma edificação implica em desperdício de materiais e energia aplicada na etapa de construção. Em um edifício existem muitos componentes poderiam ser reutilizados, reprocessados ou reciclados. De uma forma geral, os projetistas estão mais preocupados com suas realizações presentes do que com o futuro nos seus projetos (RODERS, 2006).

2 | PESQUISA DE REFERÊNCIA

A evolução das novas relações sociais, culturais e econômicas da sociedade, resultam em uma demanda estrutural ao qual os edifícios não foram projetados para suprir e acomodar ao longo do tempo. Assim sendo, nota-se que as edificações se tornaram obsoletas e por vezes abandonadas.

O município de São Paulo trata da questão de imóveis abandonados em três níveis distintos, sendo imóveis não edificados, imóveis subutilizados e não utilizados e após notificação da prefeitura do município de São Paulo indicando a irregularidade, deve-se apresentar projeto de construção para regularizar a situação do imóvel ou do terreno. Caso as exigências da prefeitura não sejam cumpridas, o município cobrará IPTU de forma progressiva e após cinco anos de progressão o imóvel pode ser desapropriado (PMSP, 2014) essa medida força os proprietários dos imóveis, em especial dos não utilizados a tomar providências quanto a sua utilização, isso abre oportunidades para aplicação do conceito de *retrofit* na cidade de São Paulo.

A sequência de atividades que compõem o projeto de uma obra de *retrofit* são: a escolha do edifício; a documentação legal; os projetos da edificação existente; os novos projetos; as instalações prediais; a recuperação, o reforço e adaptação estrutural; a

compatibilização de projetos; o planejamento da obra.

Para a completa compreensão e entendimento sobre a definição já apresentada de *retrofit*, ato de reabilitar um edifício, são necessárias as definições dos termos conservação, manutenção e reforma.

Conservação é a realização de medidas destinadas a prevenção ao aparecimento de patologias com intuito de prolongar a vida útil da edificação (ABNT, 2013).

Manutenção, segundo ABNT NBR 5674 (1999), é o conjunto de ações que tem como finalidade atender as necessidades e segurança dos seus usuários, conservando ou recuperando a capacidade funcional da edificação e de suas partes.

O termo reforma é a intervenção na edificação, com ou sem alteração do seu uso de projeto inicial, a fim de recuperar, ampliar ou aperfeiçoar suas condições (ABNT, 2014).

Uma técnica moderna durante a confecção de um projeto de *retrofit* que auxilia muito as pessoas envolvidas é a utilização da modelagem BIM que como definido por Maria (2008),

Building Information Modeling (BIM) é a utilização de informações computacionais consistentes e coordenadas sobre um determinado projeto de edificação. É utilizado para decisões de projeto, documentos de alta qualidade da construção, previsão, estimativa de custos, planejamento da construção e eventualmente gerenciamento e operação do empreendimento após o término. Também definimos BIM como uma tecnologia de modelagem e conjuntos associados de processos para produzir, comunicar e analisar um BUILDING MODEL, ou seja, modelo da Edificação.

Uma linha de projetos de pesquisa em andamento estuda o uso sustentável como por exemplo: a redução de resíduos, economia de energia e ambiente interno saudável para otimizar o gerenciamento de projetos em edifícios. Outra linha de projetos de pesquisa analisa informações sobre modelagem BIM para otimizar o processo de projeto e construção (KHADDAJ e SROUR, 2016). A Figura 1 ilustra as 8 dimensões do BIM. As três primeiras, onde se inicia o BIM, são as três dimensões espaciais. A quarta e quinta dimensão é o planejamento da obra, que considera, respectivamente, o cronograma e o orçamento. A sétima dimensão trata da sustentabilidade com eficiência energética e, por fim, a oitava é a segurança dos colaboradores do empreendimento.

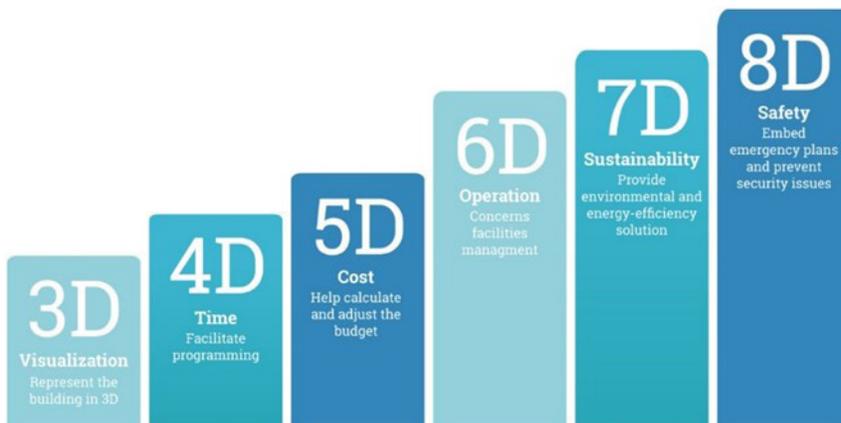


Figura 1 - Dimensões BIM.

Fonte: <https://blog.drawbotics.com/2018/11/07/the-bim-revolution-in-building-management/>.

O desafio de aplicar o BIM à empreendimentos de *retrofit* e modernizações de edifícios existentes pode ser devido à natureza multidisciplinar da troca e obtenção de informações e aos vários componentes técnicos necessários para garantir que o projeto possa ser modelado (KHADDAJ e SROUR, 2016).

3 | ESTUDO DE CASO

Através de contato com empresas que atuam no setor para se ter acesso aos projetos pertinentes à edificação, obteve-se apenas o projeto arquitetônico de prefeitura. Não houve autorização para uma visita técnica ao edifício em questão, pois a empresa que disponibilizou o projeto solicitou sigilo das informações. Assim sendo, todo o estudo e levantamento estrutural, foi embasado nos detalhes representados no projeto arquitetônico.

Partindo-se da concepção atual, analisou-se do ponto de vista arquitetônico, quais mudanças poderiam ser realizadas no edifício. Após a definição das alterações primárias que seriam prioridades no projeto, efetuou-se um estudo da região no qual a edificação se encontra para a definição da nova utilização. Devido as atuais necessidades e procura por acessos remotos e startups, os espaços e escritórios compartilhados tem prevalecido nos tempos atuais. Portanto, a mudança de uso de um edifício residencial, para um *coworking*, conceito de espaços de trabalho compartilhados por diferentes profissionais, pode trazer maior rotatividade ao empreendimento, além de maior movimento de pessoas no entorno, o que é interessante sob o aspecto comercial.

O contexto do edifício é o principal fator a ser levado em consideração nos projetos da nova arquitetura. A localização do empreendimento é em uma região movimentada da cidade de São Paulo, próximos a escolas, universidades, shopping center, outros empreendimentos e equipamentos urbanos, como meios de acesso a transporte público.

O terreno onde se localiza a edificação de estudo de caso é em formato trapezoidal, tendo 8,00 metros de fachada, 33,25 metros na lateral esquerda, 34,20 na lateral direita e 8,10 metros nos fundos.

A edificação atual ocupa todo o terreno, não tendo recuos. Existem atualmente 6 pavimentos, sendo 1 subsolo, o nível térreo, 3 andares tipo, um terraço na cobertura e toda a circulação vertical é por meio de uma escadaria na lateral direita do prédio. Atualmente tanto o pavimento térreo, quanto o subsolo encontram-se desocupados devido a falência de uma loja. A Figura 2 exibe a arquitetura dos pavimentos existentes modelados em *Revit* pelos autores. A edificação hoje não atende as normas de segurança do corpo de bombeiros, nem a norma de acessibilidade ABNT NBR 9050 (2004).



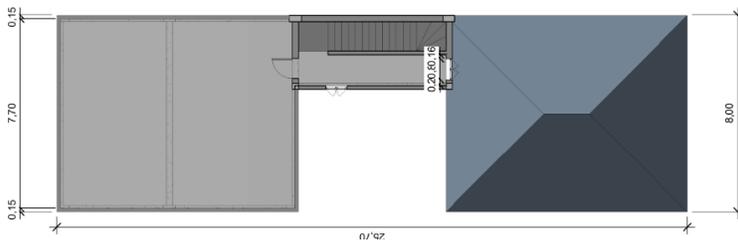


Figura 2 - Arquitetura Existente.

Fonte: Os autores.

No primeiro pavimento existem 2 apartamentos, os apartamentos dispõem de um terraço adicional na parte central do edifício, não presente nos demais andares. Todos os apartamentos voltados para a fachada frontal, tem em sua disposição uma sacada sobre o passeio. Existe no apartamento voltado para os fundos do primeiro pavimento um segundo terraço nos fundos do edifício. O segundo e o terceiro pavimento são idênticos, seguem a mesma separação de espaço do primeiro andar, entretanto não contam com o terraço interno e sim, uma sacada. Acima do apartamento do terceiro andar voltado parte dos fundos existe um terraço com acesso para todos os moradores.

Está previsto no *retrofit* elevadores para a condução vertical de pessoas no edifício e o enclausuramento das escadas existentes como forma de rota de fuga segura em caso de uma eventual emergência.

A nova concepção arquitetônica do edifício foi elaborada de forma a oferecer comodidade aos usuários, atendendo as normativas técnicas do corpo de bombeiros local a fim de trazer segurança e confiabilidade à edificação, sempre com foco na maximização da receita de cada ambiente, para gerar o máximo de lucro para o proprietário. O projeto da arquitetura realizado também é a base para a realização dos projetos das demais disciplinas, não sendo executados os projetos legais.

Para gerar melhor trânsito das pessoas dentro dos pavimentos, optou-se por colocar dois elevadores no centro da edificação, um com direção oposta ao outro, assim cada elevador atende preferencialmente uma ala do edifício. Pelo fato de a cobertura ocupar somente a metade da parte de trás do edifício, apenas o elevador voltado para esse lado a atende. No outro elevador, cuja porta é direcionada para a frente da edificação, foi instalada uma porta ao lado da área de carga e descarga que direciona o fluxo para ele.

O edifício elevador é concebido com dois pilares poligonais em formato de “U”, como exibido na fôrma do pavimento tipo na Figura 3, por ser um formato de grande rigidez que impede que os deslocamentos da nova estrutura a faça interferir com a já existente, além de agilizar a construção sendo desnecessária o uso de alvenarias de vedação para fechamento das zonas dos elevadores. Os pilares são distantes o suficiente para a passagem de um *shaft* por necessidade do enclausuramento da escada.

Do segundo pavimento em diante, o hall do elevador deve estar na nova estrutura, onde a laje é apoiada em duas vigas em balanço, que também suportam alvenarias de vedação do lado externo. A outra, que fica no espaço da porta do elevador, que por sua vez também se apoiam nos pilares. Para conectar os dois pilares, afastados por conta do *shaft*, e garantir que a estrutura trabalhe em conjunto, foram posicionadas vigas e para fechar o espaço para o *shaft*, vedado com alvenaria sobre elas do lado externo. A estrutura nova é independente da existente, separadas por junta de dilatação, como também exibe a Figura 3.

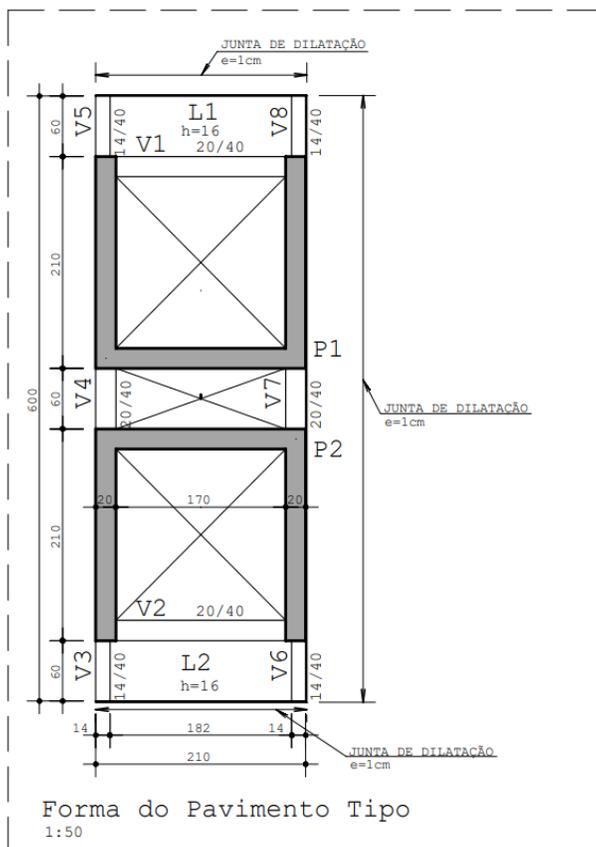


Figura 3 - Forma do pavimento tipo sem escala.

Fonte: Os autores.

A necessidade de incorporar um elevador que atenda a todos os pavimentos, implica em uma abertura na laje do subsolo ao primeiro pavimento, para permitir a passagem do novo anexo à edificação. A demolição de parte da laje causa a necessidade de um novo apoio para essa pequena parte da estrutura existente. Assim sendo, a estrutura do elevador,

é projetada para receber as lajes, cujo detalhe estrutural se observa na Figura 4, seguindo o seguinte procedimento construtivo: escoramento estrutural; corte da laje; demolição do concreto da região da nova abertura; corte da armadura, deixando comprimento de aço suficiente para que as armações sejam devidamente ancoradas na nova estrutura; remoção do concreto da parte superior próxima ao novo apoio; posicionamento da armação negativa, em quantidade e com comprimento suficiente para ancoragem e para impedir fissuração e evitar futuros problemas patológicos; fixação e preenchimento da abertura feita para o posicionamento das armações com graute.

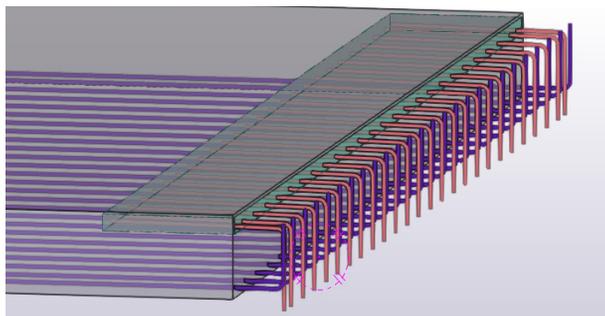


Figura 4 - Ilustração da solução para o apoio da laje.

Fonte: Os autores.

Definidas as premissas, inicia-se o estudo das necessidades de projeto e as soluções necessárias a serem adotadas. Quando alguma edificação, planejada para um uso específico, tem sua função alterada, causa uma mudança fundamental no projeto estrutural, que é a sobrecarga de utilização. No caso de uma edificação residencial que é modificada para atender um fim comercial, o carregamento de utilização passa de $2,5\text{kN/m}^2$ para $3,0\text{kN/m}^2$ (ABNT, 2019).

Para compensar o acréscimo de sobrecarga devido à mudança de uso, a estratégia adotada foi a de reduzir a carga permanente distribuída nas lajes, que para o caso deste edifício foi estimado em $1,0\text{kN/m}^2$, evitando a necessidade de reforços estruturais. Além disso, o projeto arquitetônico demandou a remoção das alvenarias internas em tijolos, permitindo a substituição onde necessário, por divisórias mais leves, contribuindo para a redução da carga permanente da edificação.

Os projetos realizados e existentes, tanto arquitetônico, quanto estrutural, foram modelados no *software Revit* e *Navisworks*, que seguem a metodologia BIM, adotada para a confecção e compatibilização. Para a elaboração do cronograma físico, utilizou-se o *software Microsoft Project*, e o levantamento de custos com a utilização de planilhas *Excel*, dados posteriormente lançados no *software Navisworks*. O que permitiu a elaboração dos modelos tridimensionais, o cronograma, o orçamento, a quarta e quinta dimensões,

respectivamente, dos projetos realizados.

O escopo de planejamento de uma construção convencional não engloba aspectos como investigação da estrutura existente, busca por possíveis patologias, demolição bruta e fina (sem e com aproveitamento) como devem ser em um projeto de *retrofit*. Essa distinção implica em um volume maior de planejamento quando se trata das fases construtivas, podendo tornar o planejamento do *retrofit* tão ou mais complexo quanto o de estruturas convencionais.

Para a execução do *retrofit*, foram utilizadas diversas técnicas de construção já bem estabelecidas e algumas técnicas menos usuais, como segue: demolição sem e com aproveitamento; concepção arquitetônica e estrutural; Intervenção estrutural; concretagem com formas de madeira; uso de juntas de dilatação; uso de estruturas metálicas; vedações com vidro, alvenaria, gesso acartonado; preparação de superfícies; impermeabilização; revestimentos de piso variados; piso elevado; pintura com tipos tinta adequadas.

Foi elaborado um orçamento para a obra de *retrofit* a fim de se estimar os custos de sua execução e servir de base para cálculo de retorno financeiro (*payback*). Para verificar a consistência do cronograma e orçamento, foi gerada a “curva ABC” e “curva S”, exibido nas Figura 5 e Figura 6 respectivamente.

	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	▲ RETROFIT	479 dias	Sex 13/11/20	Qua 14/09/22
2	▷ ENGENHARIA	479 dias	Sex 13/11/20	Qua 14/09/22
7	▷ DEMOLIÇÃO	30 dias	Sex 15/01/21	Qui 25/02/21
19	▷ ESTRUTURA	124 dias	Sex 29/01/21	Qua 21/07/21
60	▷ INSTALAÇÕES	140 dias	Qua 07/04/21	Ter 19/10/21
65	▷ CIVIL	153 dias	Sex 13/11/20	Ter 15/06/21
180	▷ ACABAMENTO	331 dias	Qua 31/03/21	Qua 06/07/22
251	▷ MANUFATURADOS	342 dias	Sex 13/11/20	Seg 07/03/22
307	▷ LIMPEZA POS OBRA	20 dias	Qui 07/07/22	Qua 03/08/22
309	▷ MOBILIARIO	30 dias	Qui 04/08/22	Qua 14/09/22

Figura 5 - Cronograma resumido.

Fonte: Os autores.

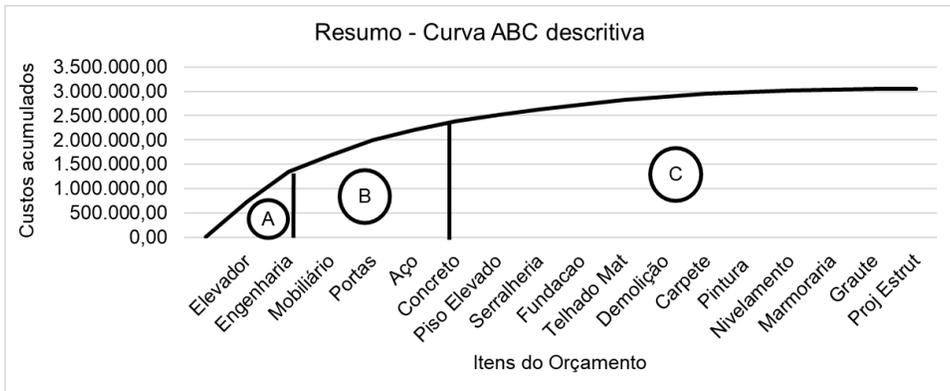


Figura 6 - Curva ABC descritiva.

Fonte: Os autores.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do *retrofit*, já se titula como uma ação sustentável quando evita uma nova construção, o que causa a diminuição de área permeável e até do espaço verde de uma cidade. Assim como o aproveitamento da estrutura atual, reduzindo significativamente a quantidade de entulhos de demolição. Neste estudo foram aproveitados 80,42% da estrutura atual, evitando assim que 483,7m³ de entulho fossem descartados.

O orçamento elaborado para estimar o custo financeiro da obra de *retrofit*, resumido na Tabela 1, foi baseado em custos reais de materiais e mão de obra, sendo que o total deste chegou em R\$3.054.517,58, o edifício possui aproximadamente 1.250m², o que resulta em um custo/m² de R\$2.443,61 com mobília e todos os acabamentos.

Resumo de orçamento - retrofit	Totais
Engenharia	R\$434.778,96
Mão-de-obra	R\$1.240.490,73
Material	R\$1.379.247,89
Total Geral	R\$3.054.517,58

Tabela 1- Resumo do Orçamento.

Fonte: Os autores.

Com base na arquitetura, foi possível estimar a quantidade de espaços físicos, seus respectivos tamanhos e a forma pela qual seriam disponibilizados aos usuários, como salas de reuniões, espaços individuais, áreas de eventos, box de depósito ou caixas postais,

sedo alguns desses dados resumidos por pavimentos na Tabela 2. Devido a amplitude de aplicações no projeto do *coworking*, três taxas de ocupação da edificação foram mensuradas: uma análise pessimista, uma neutra e uma otimista, chegando no mês de retorno para o investimento das três opções.

Pavimento	Capacidade	Valor Diário
Subsolo	21 Boxes	R\$585,46
Térreo	74 Pessoas	R\$13.572,00
Primeiro	34 Pessoas	R\$2.550,00
Segundo	26 Pessoas	R\$281,90
Terceiro	48 Pessoas	R\$590,85
Cobertura	Até 40 pessoas em pé / circulação	R\$5.656,00

Tabela 2 - Resumo do valor de aluguéis cobrados por pavimento.

Fonte: Os autores.

Para análise real do tempo de retorno do investimento, deve-se mensurar despesas fixas e variáveis que o comércio irá originar, tendo em vista que isso impacta diretamente no seu faturamento, e conseqüentemente, no tempo para *payback*. Com base em especulação nos valores atuais, foi determinada o valor de R\$33.867,58 dos possíveis de gastos mensais que o *coworking* poderá atribuir a planilhas financeiras como custos de operações.

Payback se titula a técnica de análise de retorno de um projeto, mostrando o determinado tempo que o seu faturamento bruto se torna maior, ou ao menos igual o seu investimento. Para o projeto em estudo, estipulou-se três cenários de comparação, podendo prever os reais riscos de execução. A análise otimista prevê o retorno financeiro a partir de 45 meses, o cenário neutro a partir de 67 meses e o pessimista a partir de 149 meses.

5 | CONCLUSÃO

O projeto de *retrofit* desenvolvido durante o estudo de caso ilustra todos os desafios que foram detectados. Além disso, deve-se coordenar e entender todas as disciplinas de engenharia de construção civil, pois a complexidade desse gênero de empreendimento é maior do que um que carece de restrições impostas por trabalhos anteriores. A viabilidade técnica do estudo de caso, exibiu os resultados das decisões durante às análises para efetivar as etapas necessárias às adaptações do edifício residencial às mudanças de uso. Com base na análise do retorno financeiro no cenário pessimista, conclui-se que este projeto tem um investimento arriscado por mostrar um período de mais de 12 anos para o retorno do investimento inicial.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5674 - Manutenção de edificações - Procedimento**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 25. 1999.

ABNT. **NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**.

ABNT. Rio de Janeiro, p. 97. 2004.

ABNT. **NBR 15575-1 - Edificações Habitacionais - Desempenho**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 71. 2013.

ABNT. **NBR 16280 - Reforma em edificações - Sistema de gestão de reformas - Requisitos**. ABNT.

Rio de Janeiro, p. 11. 2014.

ABNT. **NBR 6120 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 61.

2019.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit das Edificações: Estudo de Reabilitação e Adaptação das Edificações Antigas às Necessidades Atuais**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, p. 189. 2004.

CROITOR, E. P. N. **A Gestão de Projetos Aplicado á Reabilitação de Edifícios: Estudo da Interface entre Projeto e Obra**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 176 p. 2008.

DUCAP, V. M. B. C. L.; ORIOLLI, A.; QUALHARINI, E. L. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição no Processo de Retrofit. **International Conference on Engineering**, Covilhã, 2 a 4 Dezembro 2015. 7.

HELENE, P. et al. Retrofit da Estrutura de Concreto Armado de Um Edifício em São Paulo com Mais de 50 Anos de Idade. **CONPAT2015**, Lisboa, 8 a 10 Setembro 2015. 8.

KHADDAJ, M.; SROUR, I. Using BIM to Retrofit Existing Buildings. **ScienceDirect**, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816301990>>. Acesso em: 13 julho 2020.

MARIA, M. M. TECNOLOGIA BIM NA ARQUITETURA. **Livros Grátis**, 2008. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp108140.pdf>>. Acesso em: 13 Julho 2020.

PMSP, P. D. M. D. S. P. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. [S.l.]: [s.n.], 2014. 248 p. Disponível em: <<https://is.gd/pzObqx>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

RODERS, A. R. G. M. M. P. **Re-architecture: lifespan rehabilitation of built heritage**. Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven, p. 231. 2006.

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


Atena
Editora
Ano 2021