

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

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Michael Vinícius Pontes Nunes

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1924195699246223>

Flaviany Luise Nogueira de Sousa

Universidade Federal do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8912254813326716>

Thaís Carolayne Bastos Rodrigues

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0451243143497973>

Nuria Pérez Gallardo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8695660515236363>

Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6722503859790070>

Alan Monteiro Borges

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3697783631620731>

RESUMO: O planejamento territorial é um fator primordial inserido no contexto urbano que deve ser levado em consideração principalmente

quando se tratar de áreas sujeitas a algum tipo de intervenção natural. Desse modo, o mapeamento de regiões que apresentam problemas recorrentes com inundações, como é o caso de Marabá, devem trabalhar na elaboração de um Plano Diretor fidedigno a atual situação da cidade, de maneira a tentar prevenir desastres naturais frente à expansão urbana. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi produzir uma revisão da literatura através do delineamento das áreas que se encontram abaixo da cota altimétrica mínima de segurança do município de Marabá, estabelecida no Plano Diretor como áreas abaixo da cota de 82 m, que se encontram, em parte, ocupadas, e são passíveis de inundação. Por meio deste trabalho, foi possível constatar a ausência de medidas para regularização urbanística do município por parte dos órgãos municipais, uma vez que a delimitação das áreas de alagamentos proposta no Plano Diretor da cidade demonstrou que os moradores continuam a ocupar tais áreas de risco, mesmo sabendo da possibilidade de ocorrência de possíveis desastres. Conclui-se que esta situação com enchentes tende a perdurar todos os anos, em virtude da não obediência do que se determina no Plano Diretor de Marabá e devido ao aumento gradativo do grau de cheias dos rios Tocantins e Itacaiúnas, contabilizando prejuízos tanto para o poder público quanto para os habitantes em termos financeiros, econômicos e sociais.

PALAVRAS-CHAVE: Enchente; Ocupações irregulares; Planejamento urbano; Plano Diretor; Zoneamento.

FLOODS AND IRREGULAR OCCUPATION AS CHALLENGES FOR URBAN PLANNING IN MARABÁ (PA-BRAZIL): DELINEATION OF AREAS OF RISK ACCORDING TO THE CITY'S MASTER PLAN

ABSTRACT: Territorial planning is a primary factor inserted in the urban context that must be taken into account mainly when dealing with areas subject to some kind of natural intervention. Therefore, the mapping of regions that present recurrent problems with flooding, as is the case of Marabá, should be carried out in parallel with the elaboration of a Master Plan that accurately portrays the current situation of the city in order to try to prevent natural disasters in face of urban expansion. In this sense, the objective of the present study was to elaborate an literature review by outlining the areas that are below the minimum altimetric level of safety in the municipality of Marabá, established in the Master Plan as 82 m in altitude, which are relatively occupied and prone to flooding. As a result, it was possible to verify an absence of measures for urban regularization in the municipality by municipal agencies since the delimitation of flooding areas, proposed in the city's Master Plan, demonstrated that residents continue to occupy such risk areas despite the possible occurrence of disasters. It can be concluded that this flood-related situation tends to persist every year due to non-compliance with the determinations of Marabá's Master Plan and the gradual increase in the degree of flooding of the Tocantins and Itacaiúnas rivers, accounting for financial, economic, and social losses for both public authorities and the city's inhabitants.

KEYWORDS: Flood; Irregular occupation; Urban planning; Master Plan; Zoning.

1 | INTRODUÇÃO

Na promoção do planejamento territorial, mapear e estudar as diferentes áreas que compõem um determinado espaço se apresenta como uma etapa de importância fundamental, ainda mais quando se trata de áreas que estão sujeitas a algum tipo de intervenção natural. Nesse sentido, o mapeamento de regiões que apresentam recorrentes problemas com inundações pode e deve basear a construção de elementos como os Planos Diretores, tendo em vista um subsídio à prevenção de desastres naturais frente à expansão urbana.

Se tratando de áreas que naturalmente estão sujeitas a inundações, deve-se compreender a existência de um leito menor e um leito maior dos rios, os quais em diferentes períodos são atingidos pelas águas. Contudo, a urbanização desses espaços converte o escoamento natural desses terrenos em áreas praticamente impermeabilizadas, aumentando a potencialidade dos danos gerados pelas inundações (CAMPOS *et al.*, 2015). Nesse contexto, destacar e estudar os riscos apresentados na ocupação desses espaços são etapas que devem ser levadas em conta na construção de ferramentas referentes ao planejamento urbano.

Nesse segmento, no estabelecimento de critérios para a ocupação do solo urbano, técnicas que fazem uso da incorporação de questões sociais, ambientais e econômicas e que se baseiam na utilização de ferramentas que cooperam com a análise de fenômenos

naturais contribuem para o estudo dos diferentes impactos periódicos aos quais uma área está sujeita (REIS, 2015).

É com base nisso que nesse trabalho optou-se por uma revisão bibliográfica de literatura auxiliada pelo mapeamento das áreas que se encontram abaixo da cota altimétrica mínima do município de Marabá, estabelecida no Plano Diretor como abaixo de 82 m.

2 I REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Partindo da pesquisa de Sampaio e Mancini (2007), a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e os demais tipos de estudos de revisão, compõem um modelo de pesquisa que utiliza dados da literatura próprios de cada assunto. Sendo assim, o desenho de cada estudo visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar informações de outros trabalhos disponíveis relacionados ao tópico estudado.

Como medida para a realização da RSL, foram necessárias as execuções de algumas etapas, sendo elas: a utilização de uma estratégia de pesquisa, a busca por documentos relacionados à temática, a classificação desses documentos e, finalmente, a obtenção de um mapa do sistema contendo todos os artigos usados na pesquisa. Dessa forma, a seguir, é mostrado como foram escolhidos os trabalhos que serviram de base para esta pesquisa.

2.1 Estratégia de pesquisa

Partindo do método de pesquisa de Bardin (2011), a escolha dos nove termos para abordagem do tema passou por um processo de três etapas, as quais permitiram a seleção desses tópicos ligados à pesquisa. Na primeira fase, realizou-se uma pré-análise com o intuito de sistematizar as ideias iniciais a partir da organização de documentos afins ao tema. Já na segunda etapa, foi necessária a leitura dos materiais para que suas categorias pudessem ser definidas e suas unidades de registro identificadas. Na terceira e última fase houve o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação dos dados analisados (BARDIN, 2011).

Tratando do período de busca, foram escolhidos trabalhos de 2017 a 2021 (últimos 5 anos) com a finalidade de obter estudos aplicados nesse período que estivessem relacionados ao campo da pesquisa. Com a utilização de operadores booleanos, foi possibilitada a formação de *Strings* de busca. Sendo assim, fazendo uso de operadores como, por exemplo, “AND”, “OR” ou “NOT”, foram exequíveis restrições para o recolhimento de artigos científicos à disposição nas bases de dados já citadas.

A fim de obter resultados específicos nas bases de pesquisa BDTD, Scielo e Scopus, foram usadas as *Strings* intermediadas por esses operadores booleanos, tendo seu detalhamento evidenciado no Quadro 1.

TERMOS DE BUSCA	STRINGS DE BUSCA
1. Irregular occupations/ocupações irregulares	Irregular occupations OR Urban invasion Urban growth OR Urban densification Urban planning AND Urbanization Social housing AND Urban planning Urban zoning AND Urbanization
2. Urban invasion/invasão urbana	
3. Urban growth/crescimento urbano	
4. Urban density/adensamento urbano	
5. Urban planning/planejamento urbano	
6. Urbanization/urbanização	
7. Master plan/plano diretor	
8. Social housing/habitação social	
9. Urban zoning/zonamento urbano	
BASE DE DADOS	
1. Scielo	
2. Scopus	
3. BDTD	
PERÍODO	
2017 - 2021	
TIPO DE PUBLICAÇÃO	
Revista/Outros	

Quadro 1 - Estratégia de busca.

Fonte: Autores, 2021.

Durante a pesquisa, os termos escolhidos foram inseridos nas bases de dados (BDTD, Scielo e Scopus). Os documentos obtidos nessas bases foram separados e posteriormente passaram por análise. Partindo então dessa pesquisa de documentos, foram obtidos os resultados nas plataformas. No final, foram selecionados um total de 21 trabalhos.

2.2 Triagem de documentos

Nesta fase foram escolhidos dentre os trabalhos selecionados aqueles que trariam maior aproveitamento para a pesquisa. Em seguida, a triagem dos documentos seguiu pela leitura dos títulos de cada um dos artigos. Dando continuidade à seleção, a leitura dos resumos foi usada como um outro critério de escolha dos trabalhos. Por último, a leitura completa dos artigos foi realizada com o objetivo de selecionar apenas aqueles documentos que continham em sua pesquisa uma relação mais próxima com o estudo.

Além dessas etapas de filtragem, realizou-se ainda uma pesquisa mais ampla que tratou de buscar artigos que não estavam nas bases de dados, mas que continham relação com o tema (PETERSEN *et al.*, 2008). Com esse procedimento, denominado pelo próprio autor como “Amostragem Bola de Neve”, alguns documentos foram incluídos e usados na pesquisa com a intenção de adicionar conteúdos relevantes.

2.3 Produção do mapa sistemático

Partindo da triagem previamente estabelecida, foi possível a realização de um mapa sistemático. Isso posto, concebeu-se um quadro adaptado de Filho M. *et al.* (2016) contendo informações relevantes para a pesquisa como, por exemplo, as discussões levantadas que se relacionam com a temática. A escolha das colunas do quadro partiu da seleção de características dos trabalhos que se mostraram mais pertinentes à proposição da pesquisa, como os resultados alcançados e a metodologia utilizada.

Os trabalhos dispostos na Quadro 2, a seguir, foram os empregados como meio de embasamento para a pesquisa.

Título	Base de pesquisa	Autor (ano)	Metodologia	Resultados e discussões
Plano Diretor Participativo, território e inundações em Rio do Sul/SC	Scielo	Bogo (2020)	Revisão de literatura	Observou-se que os técnicos responsáveis pelo Plano Diretor Participativo consideraram minimamente as inundações no processo de composição desse instrumento, não dando a elas a atenção necessária.
O planejamento de quatro áreas do Programa Vila Viva na cidade de Belo Horizonte, Brasil: uma análise documental	Scielo	Silveira, Carmo e Luz (2019)	Pesquisa de campo	Foi indicada a comum inclusão de intervenções não apontadas pela população em todos os Planos Globais Específicos (PGE).
A face do tecido urbano e as mazelas ao acesso à moradia social: como o caso do município de Petrópolis desvenda a construção de uma lenda urbana	Scielo	Matos (2017)	Revisão de literatura	Houve o reconhecimento real da área para atender ao déficit habitacional no território estudado.
Processos participativos para elaboração de Planos Diretores Municipais: inovações em experiências recentes	Scielo	Freitas e Bueno (2018)	Estudo de caso	Conseguiu-se, com análise dos casos dos municípios de Jundiá e Vinhedo, no estado de São Paulo, a amostragem da introdução de uma inovadora metodologia participativa que reflete em cidades mais democráticas e inclusivas.
Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros	Scielo	Espíndola e Ribeiro (2020)	Estudo de caso	Chegou-se à conclusão de que poucos dos Planos Diretores das capitais brasileiras apresentam uma preocupação com as questões climáticas locais.

Inundações em Marabá: Avaliação estratégica para declarar situação de emergência.	BDTD	Bentes (2018)	Estudo de Caso	No período de 1972 a 2015, constatou-se a vulnerabilidade da população da área de risco a inundações, uma vez que na maioria desses anos a cota fluviométrica do Rio Tocantins atingiu metragem de impacto.
Habitação social em um contexto suburbano: um portador da diversidade periurbana?	Scopus	Maleas (2018)	Estudo de Caso	Conseguiu-se uma análise acerca dos processos que nortearam e ainda norteiam a promoção de projetos de habitação social.
Álgebra de mapas aplicado na determinação de ocupações irregulares e o risco ambiental em Catolé do Rocha-PB.	Scielo	Junior <i>et al.</i> (2016)	Utiliza estatística aplicada junto a ferramentas do SIG.	Apresentou mapas com áreas de risco e áreas irregulares, apontando também áreas de interesse ambiental, que não deveriam estar ocupadas.
Território e dinheiro.	Bola de Neve	Santos (2002)	Revisão da Literatura	Acredita-se que inicialmente o território rege o dinheiro, e progressivamente, esta relação é invertida, e o dinheiro passa a reger o território. Assim, através dessa troca, se cria a informação e a regulação.
Percepções do ambiente, condições psicológicas e de qualidade de vida em habitantes de ocupações irregulares de área de manguezais na Baixada Santista, SP, Brasil	Scielo	Monteiro e Silva (2018)	Revisão de Literatura	Demonstrou a influência dos aspectos culturais, psicológicos e políticos na vida das pessoas que ocupam áreas irregulares, sendo estas as mais expostas a todo tipo de violência.
Análise da revisão do Plano Diretor de Araraquara-SP (2014): Em discussão o papel do Legislativo e os pilares da participação no planejamento urbano	BDTD	Santos (2018)	Estudo de caso	O autor conclui que o Plano Diretor de Araraquara não atualizou suas informações e diretrizes, estando sujeito à demandas do setor privado e dificultando a ampla discussão democrática.
A habitabilidade urbana como referencial para a gestão de ocupações irregulares.	Bola de Neve	Castro (2007)	Utiliza indicadores de desenvolvimento humano como instrumentos de análise de gestão.	A pesquisa não é conclusiva. O modelo desenvolvido possibilita a discussão do tema, porém aplicá-lo seria um desafio por parte dos gestores urbanos para auxiliar em ocupações irregulares.
Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na região Metropolitana de São Paulo.	Scielo	Rodrigues e Listo (2016)	Utiliza o SIG e uma classificação de áreas de risco segundo a literatura.	Os autores concluíram que mesmo sendo aplicados intervenções de desapropriação nessas áreas, elas voltam a ser ocupadas, o que necessitaria de uma fiscalização mais constante.

A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas.	Bola de Neve	Rattner (2001)	Resenha	Conclusão inexistente.
Zoneamento ambiental e planejamento de bacias hidrográficas: estudo de caso - do local (Arroio Barracão, no município de Bento Gonçalves / RS) ao regional (região metropolitana da Serra Gaúcha)	BDTD	Cobalchini (2017)	Estudo de caso	É necessária a implantação de um instrumento jurídico de alcance regional eficaz para planejar a proteção das bacias hidrográficas de toda a região, preservando os recursos hídricos que ultrapassem fronteiras municipais.
Proposta metodológica para participação popular na definição de estratégias em planejamento urbano	BDTD	Cruz (2019)	Pesquisa exploratória, pesquisa descritiva e abordagem participante em um determinado grupo.	Com a integração de abordagens à luz da ciência pós-normal, instrumentos e técnicas de consulta popular e a ciência de decisões é possível um delineamento de diretrizes e procedimentos para tornar a participação popular mais efetiva do que a prática corrente.
Alternativas de uso e ocupação do solo frente às pressões do avanço urbano nas encostas do Morro do Ribeirão ao norte dos limites do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis-SC	BDTD	Nogueira (2017)	Estudo de caso	O avanço das ocupações às encostas do Morro do Ribeirão é desproporcional às condições de suporte dessas áreas.
Portarias de zoneamento e mercado imobiliário em países em desenvolvimento: evidências de municípios brasileiros	Scopus	Lima e Neto (2019)	Estudo de caso	Mesmo sendo uma política geralmente bem intencionada, as portarias de zoneamento tendem a gerar custos sociais que precisam ser levados em consideração na análise do mercado imobiliário no Brasil.
Planejamento urbano: para quê e para quem?	Bola de Neve	Santos (2012)	Revisão de Literatura	A autora chega ao fim do artigo sem dar respostas definitivas às questões formuladas em seu título.
A urbanização dispersa da cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil	Bola de Neve	Michelotto e Sobrinho (2018)	Revisão bibliográfica, trabalhos de campo e análise de imagens de satélite	Sobre a expansão urbana dispersa e diversa de Uberlândia, concluiu-se que o modo como a expansão urbana avança para as bordas da cidade é resultado de grandes agentes imobiliários e do poder público.

Zoneamento e forma urbana: ausências e demandas na regulação do uso e ocupação do solo	Bola de Neve	Silva (2014)	Levantamento de referenciais teóricos e análise de tecidos urbanos existentes	O trabalho elucidou limitações e ausências que ainda demandam reflexão por parte dos estudiosos e também dos formuladores de política urbana.
--	--------------	--------------	---	---

Quadro 2 - Informações acerca dos documentos.

Fonte: Autores, 2021.

Com o término do mapa sistemático e a leitura dos documentos, deu-se início à reunião do conjunto de dados essenciais para compor este trabalho.

3 I PLANO DIRETOR MUNICIPAL: UMA FERRAMENTA DE GESTÃO URBANA

Entendido como um norteador da ocupação do solo urbano, o Plano Diretor Participativo (PDP) representa um mecanismo legal orientado tanto por interesses coletivos e difusos, constituindo a preservação da natureza e da memória, como por outros interesses particulares dos moradores.

Partindo da busca pela construção de cidades mais democráticas, no ano de 2001, o Estatuto da Cidade passou a tratar em seu texto como lei federal a implementação de um planejamento para as cidades que trouxesse justiça e sustentabilidade, além de um bom vínculo com a participação popular na estruturação dessa nova política urbana, a qual deve partir da responsabilidade dos municípios (FREITAS; BUENO, 2018).

Nesse segmento, o Ministério das Cidades, atual Ministério do Desenvolvimento Regional, procurou até 2006 implantar a participação popular nos planos diretores municipais, buscando trazer melhorias para a organização do meio urbano. Compreende-se então pela promulgação dos Planos Diretores que, assim como descreve Santos (2018, p. 16), o “objetivo primordial é democratizar as intervenções na construção do desenvolvimento das cidades, possibilitando que aqueles antes silenciados pudessem, enfim, ter participação efetiva”.

Nesse contexto, é possível perceber a relação do documento do Plano Diretor com a implementação de políticas públicas. Assim, visando pôr em prática os direitos previstos pela Constituição Federal de 1988, a institucionalização do planejamento urbano em todo o Brasil trouxe como identidade a ideia de zonear, gerir o ambiente urbano de forma mais eficaz e articular os interesses associados a esse espaço (BOGO, 2020).

Apesar disso, como Bogo (2020) enfatiza, ainda são visíveis nos planos falhas como o não entendimento do nível de risco em determinadas áreas. Com base em seu estudo acerca plano diretor de Rio do Sul/SC, o autor constata ainda um baixo entendimento dos riscos de inundações para certas localidades do município, tendo em vista que alguns instrumentos de auxílio ao Plano Diretor mostram uma restrição ainda não tão severa

quanto à ocupação de áreas de risco ambiental.

Esses mesmos Planos Diretores são também responsáveis por abarcar todas as circunstâncias tangíveis às cidades em que se pretende planejar, não havendo espaços para problemas presentes ou futuros que possam vir a conturbar o convívio urbano. Mesmo diante dessa realidade, Espíndola e Ribeiro (2020), após analisarem os Planos Diretores das capitais brasileiras, constataram falhas como a despreocupação de 26 das 27 capitais para com as mudanças climáticas vivenciadas no meio urbano, preocupação essa apresentada apenas no Plano Diretor da capital Palmas.

Os mesmos autores verificaram ainda quais das capitais brasileiras reformularam e aplicaram seus planos diretores municipais após o ano de 2015. A fim de verificar o desempenho de cada cidade no controle de problemas relacionados às mudanças climáticas, os autores consultaram os documentos das capitais a partir da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) publicada em 2016 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de visitarem os *sites* das prefeituras de cada capital brasileira. Dados esses que fundamentaram a pesquisa e concluíram a não atenção dessas capitais a problemas urbanos como as mudanças climáticas.

De maneira análoga, é perceptível na análise no Plano Diretor do município de Marabá a preocupação para com a realidade instaurada nas regiões abaixo da cota altimétrica indicada pelo documento, igual a 82 metros. Nesse sentido, o entendimento das ocupações dessas áreas durante a revisão do plano é válido, pois considera riscos acerca da expansão desordenada no município e da vulnerabilidade trazida àqueles que ocupam essa região.

Buscando compreender os desafios que assolam as áreas susceptíveis a inundações na região do município, entendidas como abaixo da cota altimétrica estabelecida pelo Plano Diretor, Bentes (2018) conceitua que com a boa compreensão desses territórios, é propiciada uma maior ciência dos riscos, podendo esses ser enfrentados com maior organização e preparo pelos órgãos associados à apresentação de contramedidas. Dessa maneira, com mais essa orientação ao Plano Diretor, diferentes medidas podem ser tomadas e analisadas para a área em questão.

4 | A HABITAÇÃO SOCIAL: UM DESAFIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Em meio aos debates acerca da formulação de um modelo de cidade que seja inclusiva e bem estruturada, temas como a habitação social e o planejamento urbano são imprescindíveis. O primeiro é importante, pois traz consigo a ideia da inclusão social e da promoção do bem comum a todo e qualquer habitante de um sistema urbano. Já o segundo, quando bem consolidado, pode servir como uma forte base para as cidades.

Nesse sentido, é valorosa a interligação entre essas duas temáticas dentro do ambiente urbano. Quando isso não ocorre durante o processo de urbanização, a

modernização desse espaço apresenta também um modelo de exclusão, mais enfático quando associado à população de baixa renda (SILVEIRA; CARMO; LUZ, 2019). Assim, compreender a ocupação do espaço e promover nesse a inclusão pode parecer trabalhoso, mas representa uma forte necessidade para o crescimento urbano bem planejado.

Nessa conjuntura, é perceptível que as escolhas dos espaços para a prática de políticas destinadas às habitações sociais não devem apresentar sinais de aleatoriedade ou despreocupação, uma vez que isso pode determinar as dinâmicas do meio e de quem o habita. No entanto, em uma pesquisa realizada por Matos (2017), foram constatados em uma parte da área central do município de Petrópolis no Rio de Janeiro imóveis passíveis de ocupação e que poderiam atender a até 60% do déficit habitacional da região, déficit esse que vinha sendo sanado a partir da alocação de habitações sociais em áreas periféricas.

Além disso, Matos (2017) comunica ainda uma visível produção de habitações de interesse social alocadas em áreas periféricas urbanas, apresentando também certas dificuldades dessa política em atender à população de baixa renda. Para tanto, o autor enfatiza a necessidade de se haver a articulação de uma política de habitação condizente com as condições locais em que é instaurada, garantindo boas condições para o aproveitamento dessa.

Ademais, a conscientização e participação da população em todo o processo de efetivação das políticas de habitação social também é crucial para que essas ações possam ser executadas da melhor maneira. Nesse sentido, Maleas (2018, p. 79) considera os processos participativos como “uma forma de discutir e ajustar um projeto para conseguir sua construção e, ao mesmo tempo, fornecer soluções satisfatórias a todos os atores interessados”.

Na região de Marabá, a Superintendência de Desenvolvimento Urbano – SDU tem promovido conferências, nelas surgem debates com a própria sociedade acerca das prioridades do Poder Público na articulação das políticas públicas de habitação de interesse social (MARABÁ, 2017). A promoção desse espaço para o debate é importante, pois abre oportunidades para que a comunidade tenha conhecimento dos atos do Poder Público, podendo até mesmo intervir diretamente com a avaliação dessas políticas públicas.

Em contrapartida, apesar dessa abertura ao debate ser realizada, ainda é registrada uma baixa participação popular nesses eventos em que pontos de suma importância como a proposição de diretrizes e o plano de trabalho são discutidos (MARABÁ, 2017). Diante dessa situação, avaliar a divulgação e conscientização popular da importância desses eventos se apresenta como uma etapa necessária para entender a ausência dos convidados.

Nesse segmento, é possível a compreensão da importância de aspectos como um bom planejamento e a participação social nos programas de habitação social do município de Marabá. Quanto a esses programas, o município tem apresentado ainda em seu Plano Diretor boas medidas para sua implementação, mas não se tem ideia do estado

de conscientização popular quanto ao direito à uma habitação cedida por essa política, principalmente daquela comunidade que se encontra ocupando áreas abaixo da cota altimétrica.

5 | O CONCEITO E A PRÁTICA DO PLANEJAMENTO URBANO

Inicialmente, o planejamento urbano foi identificado como uma resposta aos problemas enfrentados pelas cidades, os não resolvidos pelo urbanismo moderno e os causados por ele. Essa expressão provém da Inglaterra e dos Estados Unidos e marcou a mudança na compreensão que se tinha acerca dos municípios e suas adversidades (COBALCHINI, 2017).

No Brasil, previamente caracterizou-se o planejamento urbano como uma política higienista para suprir uma necessidade oriunda das políticas de saúde coletiva as quais fundamentavam a demolição de obras decadentes e urbanisticamente desordenadas, que favoreciam a disseminação de doenças infectocontagiosas. Após a intensificação do processo de urbanização, o planejamento urbano passou a ser considerado uma técnica para expandir e/ou criar novas cidades, propondo soluções que permitissem o ordenamento do uso do solo em cidades em contínuo crescimento (SANTOS, 2012).

Cruz (2019) analisa se as alterações na forma e no uso do espaço urbano satisfazem as reais expectativas de uma população, visto que as cidades em suas diversas áreas possuem demandas com vários níveis de atendimento e de carências, assim como há diferenças em termos sociais e comunitários de cada região.

Conforme o autor supramencionado, a deficiência no controle do uso e da ocupação do solo e a atuação do mercado imobiliário, juntamente com outros fatores, ocasionam o movimento das classes menos favorecidas para as periferias na cidade. Dessa forma, as classes de maior poder aquisitivo vão ocupando os espaços que lhes convém, de modo que fica evidente o privilégio do interesse privado em questões imobiliárias e assim favorecendo a segregação socioespacial.

Observando a questão do crescimento populacional no município de Marabá, segundo dados do IBGE de 2020, vive-se um aumento acelerado do número de habitantes em que desde o último censo no ano de 2010 até a estimativa no ano de 2020 o município apresentou um aumento populacional de mais de 45 mil habitantes, partindo de 233.669 pessoas para 283.542.

Com esse crescimento populacional ocorrendo em todo o país, nota-se então a necessidade de um procedimento metodológico mais completo, assim como Cruz (p. 32, 2019) sugere que “Nessas situações, as decisões precisam se pautar em critérios (qualitativos e quantitativos) técnicos, objetivos e transparentes, que sejam capazes de incorporar os juízos de natureza política e subjetiva dos gestores públicos e, sobretudo, da sociedade civil.”

Outrossim, Michelotto e Sobrinho (2018) alegam ser válido considerar que o avanço da urbanização no mundo de um modo geral tem ignorado a capacidade de suporte do meio ambiente, necessitando de uma mudança nos padrões culturais, de consumo e governabilidade. É nas cidades que as relações econômicas, sociais, culturais e ambientais são intensas, desiguais e contraditórias.

Como uma das demandas para a organização e gestão do espaço urbano surge então o zoneamento. Segundo Lima e Neto (2019), a falta de infraestrutura adequada, incluindo forte segregação espacial e um alto grau de habitação informal resultante do crescimento rápido e intenso das cidades, impulsionado pela industrialização dos grandes centros urbanos e pela agricultura mecanizada, propuseram que os instrumentos de planejamento urbano e ordens de zoneamento abrangentes passassem a ser adotados sistematicamente.

O zoneamento é um processo urbanístico cuja finalidade é o emprego adequado do solo cidadão. Apresentado como um mecanismo no processo de planejamento urbano, o qual é realizado por meio do Plano Diretor Urbano, é denotado dividindo-se em zonas de categorias de uso: Residencial, comercial, industrial, ou zonas de lazer (NOGUEIRA, 2017).

A ferramenta do zoneamento tem como principal função proporcionar a distribuição adequada dos usos do solo em uma área urbana, sendo assim um recurso preponderante para a gestão do território e uma prática do planejamento urbano. Contudo, na maioria dos municípios brasileiros, algumas das características iniciais da utilização do zoneamento como instrumento urbanístico de controle da produção privada mantêm-se, especialmente no tocante às análises políticas e ideológicas que mostram como o instrumento é utilizado na manutenção de interesses de determinados grupos sociais, mediante uma linguagem de difícil entendimento por não técnicos, obtendo-se a facilidade para o seu mau uso (SILVA, 2014).

Observando certas áreas do município de Marabá, sobretudo aquelas abaixo da cota altimétrica prevista no Plano Diretor, são evidentes locais em que é nítida a presença dos aspectos como precariedade e irregularidade. Nesse sentido, empregar esforços para estudá-las e analisá-las é uma tarefa válida e pode trazer um abrandamento do problema instaurado.

6 | OCUPAÇÕES IRREGULARES: O IMPASSE DA HABITABILIDADE URBANA

No Brasil, o surgimento de assentamentos humanos periféricos seria devido as desigualdades sociais e econômicas no país, gerados através da urbanização acelerada e da má distribuição de renda (CASTRO, 2007). A esse fator, a autora destaca que também está agregada a ação insuficiente do Estado, que não tem conseguido intervir, por meio de políticas públicas, no combate às mazelas sociais, o desemprego e a degradação

ambiental.

Ainda segundo a autora, a política urbana deve estar alinhada ao planejamento e gestão para a introdução de políticas públicas para enfrentar tais problemas e, principalmente, para prevenir a ocupação urbana em áreas irregulares.

As ocupações irregulares no Brasil, ou também chamadas de espontâneas, informais ou favelas, em alguns casos, tiveram sua origem através da modernização das atividades laborais, devido à Era Industrial, atraindo a população rural que buscava melhores condições de vida, para a cidade (RODRIGUES; LISTO, 2016). Ainda, segundo os autores, com o tempo, essas migrações revelaram outro fator colaborativo para a diminuição das condições de habitabilidade dessa população, sendo este a desigualdade social

Segundo a lógica de Santos (2002, p. 19) sobre o assunto,

“a posição social das populações mais diretamente atingidas pela globalização caracteriza-se pela desigualdade de oportunidades de vida, isto é, um acesso desigual a recursos e uma vivência de situações sociais desiguais, as quais podem ser resumidas em oito dimensões: saúde, habitação, trabalho, educação, relações de sociabilidade, segurança, informação e participação política.”

De acordo com Monteiro e Silva (2018), a preocupação em intervir nas favelas é em virtude da complexidade social encontrada nestas localidades. O Poder Público, por exemplo, tem constatado uma desestabilização na vida de famílias que acabam sendo transferidas para conjuntos habitacionais distantes de onde moravam. Desse modo, a política de *desfavelamento* tem procurado reconduzir esses moradores para espaços dentro do mesmo bairro ou próximo a ele, que tenham uma infraestrutura adequada (MONTEIRO; SILVA, 2018).

Ademais, as ocupações urbanas irregulares acabam sendo reflexos do processo de urbanização do Brasil. Esse fenômeno que tem ocorrido desde 1940, revelou as facetas do desemprego, uma vez que essa população não possuía conhecimentos técnicos para assumir certos trabalhos, o que levou essas pessoas necessitadas a ocupar as periferias, margens de rios, favelas, e até mesmo encostas (CASTRO, 2007).

A urbanização promoveu o aumento da concentração de pessoas nas grandes cidades do país, cidades estas que segundo Santos (2012), não estavam preparadas para receber tal demanda populacional, acarretando problemas como a falta de moradia, água potável, coleta de resíduos, recursos sanitários, entre outros.

Rattner (2001, p. 9) ratifica essa informação esclarecendo que,

“No início de 2000, a proporção de urbanização chegou a 82% do total de 169 milhões. Durante a última década, enquanto a população total aumentou cerca de 20%, o número de habitantes urbanos aumentou mais 40%, particularmente, as nove áreas metropolitanas são habitadas por um terço da população brasileira.”

Com a urbanização acelerada e o empobrecimento da população, o processo

de periferização é iniciado. A exclusão territorial é ainda mais intensificada através da especulação imobiliária, que define altos valores para áreas centrais da cidade, expulsando a população de baixa renda e contribuindo para a formação de mais periferias (SANTOS, 2002).

O governo local, utilizando da gestão urbana, precisa criar mecanismos que consigam promover a inclusão territorial e instrumentos legais que evitem a segregação espacial (MONTEIRO; SILVA, 2018). A segregação pode induzir as populações pobres a ocupar espaços distantes e periféricos, afetando os indivíduos no que concerne aos aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos.

Dessa forma, por não terem outra opção a não ser ocuparem locais periféricos, muitas famílias acabam se sujeitando e se instalando em espaços de risco. A exemplo, utilizando uma classificação para áreas suscetíveis a escorregamentos e inundações, Rodrigues e Listo (2016) identificaram, através do seu trabalho, cerca de oito setores de risco para a população que ocupava áreas marginais do Rodoanel em São Paulo.

No trabalho, os autores supracitados destacam que o Poder Público havia realizado intervenções para solucionar essa questão, por meio da execução de desapropriações na região em virtude de escorregamentos ocorridos, e as famílias locais acabaram reconduzidas para um empreendimento habitacional construído próximo ao bairro. Contudo, os autores citam que algumas dessas áreas desapropriadas já se encontram reocupadas novamente por novos moradores, o que necessitaria de um monitoramento e fiscalização constante.

Para Junior *et al.* (2016), para a determinação de ocupações irregulares em áreas de risco, o SIG (Sistema de Informações Geográficas) pode ser uma excelente ferramenta de localização. Em seu trabalho, os autores encontraram no município de Catolé do Rocha na Paraíba, diversas infrações ao Plano Diretor Municipal, constatando que a expansão urbana acabou sendo direcionada para áreas de manancial, sendo desmatada parte da mata ciliar, contribuindo para a formação de áreas de deslizamentos. Para os autores, esses problemas só serão solucionados com a adoção de uma política habitacional criteriosa.

Em Marabá não é diferente. A cidade tem crescido consideravelmente, existindo cerca de 17 ocupações (algumas privadas) não regularizadas pela prefeitura, impedindo que a gestão municipal tome providências quanto a infraestrutura, uma vez que é necessário que estas áreas pertençam ao município legalmente (MARABÁ, 2019). Ainda segundo informações do site oficial da prefeitura, as pessoas têm ocupado essas áreas de forma desordenada e têm cobrado da gestão do município energia, esgoto, água, asfalto e outros serviços básicos.

Contudo, mesmo que algumas áreas não foram regularizadas formalmente, a prefeitura tem acatado a pedidos de serviços urbanos dos moradores, visto que alguns bairros como o Araguaia (também conhecido como “Fanta”) e o Km 07, sendo áreas de invasão, cresceram substancialmente em extensão e em número populacional. A prefeitura tem realizado obras de pavimentação, construção de escolas, implantação de rotas de

ônibus e iluminação, pois segundo a Superintendência de Desenvolvimento Urbano – SDU de Marabá, estas áreas não se classificam como áreas de risco (MARABÁ, 2019).

Infere-se, portanto, que o processo de gestão de ocupações irregulares precisa de um sistema de planejamento urbano participativo, para que possa estabelecer estratégias de administração que possibilite a transformação da cidade e solucione os problemas da ocupação dos espaços pela população carente. É importante que o planejamento considere sistemas de informações baseados em indicadores, possibilitando mensurar o desenvolvimento da expansão de áreas irregulares, auxiliando o gestor urbano em suas tomadas de decisões.

71 O PROBLEMA DAS ENCHENTES EM MARABÁ: UM DESAFIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Antigamente, estudar os fenômenos naturais, como tempestades, terremotos e furacões, entre outros, era algo restrito de algumas disciplinas na área das ciências humanas (ALMEIDA, 2011). Contudo, à medida que surge a possibilidade de uma situação de risco devido a tais fenômenos, o assunto passa também a envolver as relações entre a sociedade e a natureza, necessitando, portanto, da opinião de especialistas como sociólogos, historiadores e economistas (CAMPOS, 2015).

Assim, várias questões passaram a ser analisadas, como o motivo que levam algumas populações a habitar áreas consideradas de risco, a citar áreas alagáveis, encostas e margens de rios (ALMEIDA, 2011).

Ainda segundo o autor supracitado, nas comunidades ribeirinhas da Amazônia, o convívio com o problema das enchentes foi absorvido ao cotidiano. As formas de intervenção viabilizadas pelo poder público não levaram em conta as características locais e culturais desses moradores. Dessa forma, o estudo de caso em Marabá mostra perspectivas desprezadas ao se tentar transferir a cidade para locais mais seguros (ALMEIDA, 2011). Mas antes de prosseguir, importante comentar sobre alguns atributos físicos dessa cidade.

O município de Marabá se localiza no sudeste paraense, a cerca de 475 da capital do estado do Pará, Belém. A população de Marabá é estimada em 279.349 habitantes, sendo o quarto município mais populoso do Pará. A cidade se situa entre dois rios, Tocantins e Itacaiúnas, onde juntos formam uma espécie de “y” entre os núcleos da cidade (ALMEIDA, 2008). Na Figura 1, pode ser observada a localização da cidade dentro do estado e no território nacional, sendo os núcleos de Marabá destacados pelo retângulo vermelho no perímetro em amarelo.

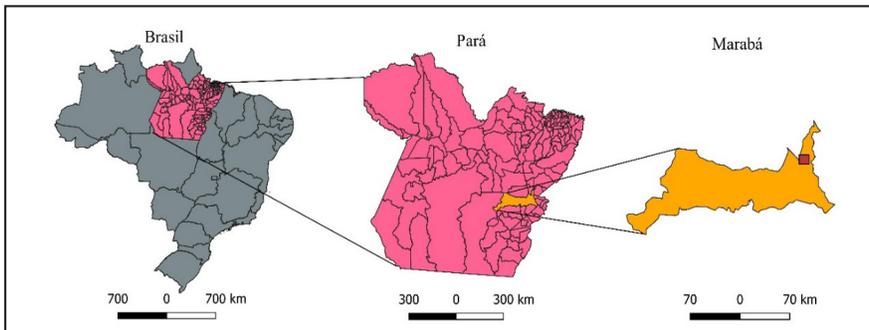


Figura 1 – Localização do município de Marabá.

Fonte: Autores, 2021.

O Plano Diretor de Marabá divide a cidade em núcleos e distritos, sendo, portanto, uma cidade polinucleada. Os distritos ou núcleos que serão considerados para esta pesquisa são os chamados: Velha Marabá ou Marabá Pioneira, Nova Marabá e Cidade Nova. O detalhe quanto ao perímetro dos núcleos está demonstrado na Figura 2, a seguir.



Figura 2 – Imagem de satélite dos núcleos Velha Marabá, Nova Marabá e Cidade Nova.

Fonte: Adaptado de GeoEye (Google Earth Pro) de 15/03/2021.

Como comentado anteriormente, Marabá é uma das cidades que tendem a passar por enchentes todos os anos, devido o aumento do nível dos rios Tocantins e Itacaiúnas que cortam a cidade. Assim, houve tentativas para transferir a população para outros pontos. A tentativa mais importante ocorreu em 1973, imposta pelo Governo Federal e que fora executada nos anos seguintes (ALMEIDA, 2008). A intenção era remover as populações do Núcleo Velha Marabá, para os Núcleos Nova Marabá e Cidade Nova.

Do ponto de vista técnico e racional, a cidade de Marabá estava assentada sobre um local não favorável para a instalação de um aglomerado urbano, justamente devido a confluência dos dois rios em seu meio. Mesmo as enchentes sendo algo comum nas cidades ribeirinhas da Amazônia, o caso de Marabá ganhou destaque devido a frequência das enchentes afetar vários segmentos sociais e em virtude também da antiga população não ver com simpatia as propostas de mudança para locais seguros.

Segundo Almeida (2011), os registros das primeiras enchentes remontam no ano de 1906, quando os moradores da cidade utilizaram suas canoas como abrigos. Pós enchente, os moradores reconstruíram suas casas de pau-a-pique e se alojaram no que hoje é o centro da atual Velha Marabá. Em 1910, outra enchente dispersou novamente os moradores para terras mais altas do pontal.

Fontes documentais apontam que as piores enchentes ocorreram em 1926, 1935, 1947, 1957 e 1974, e a pior de todas, a de 1980, que aconteceu durante a fase de implantação do novo Núcleo da cidade, a Nova Marabá (ALMEIDA, 2011).

Na enchente de 1926, muitos moradores se deslocaram temporariamente para fora da cidade, outros ficaram vivendo em balsas presas ao telhado das casas, o que pode ser confirmado pelas fotos da época (Figura 3). Após as águas regredirem, se iniciou a reconstrução da Velha Marabá, porém, foram desprezadas as propostas de mudança da cidade para outro local mais alto.



Figura 3: Moradores utilizando balsas durante a enchente de 1926.

Fonte: Casa da Cultura de Marabá.

Antes, era possível calcular o acontecimento das enchentes a cada 5 ou 10 anos. Contudo, na última década, tem se tornado cada vez mais comum a ocorrência de enchentes ano a ano na cidade. A exemplo, a enchente de 2019, acabou por afetar em

principal o Núcleo da Velha Marabá e parte da Nova. O mesmo já havia ocorrido nos três anos anteriores. A situação pós cheias dos rios pode ser observada na Figura 4.



Figura 4: A: Imagem aérea pós enchente no Núcleo Velha Marabá e Nova Marabá, em 2019; B: Imagem aérea da área do Núcleo Velha Marabá.

Fonte: Prefeitura de Marabá, 2019.

Tendo em mente, então, a recorrência das cheias em Marabá, ainda no Plano Diretor Participativo do município, instrumento básico da política de desenvolvimento territorial regulamentado pela Lei Federal n.º 10.257/01 (Estatuto da Cidade) e pela Lei Orgânica do Município de Marabá, é compreendido em seu Art. 14 §2º a existência de áreas edificadas na cota altimétrica mínima de 82 m, sendo a marca de 10 metros do Rio Tocantins. Com base nesse artigo é vedada a utilização do solo abaixo dessa cota para edificação, não sendo permitida também a alteração da cota com a utilização de aterro.

Entretanto, no mesmo documento, não é estabelecido um complemento que informe

quais áreas de fato estão inseridas abaixo da cota mínima, o que pode ocasionar a não conscientização dos habitantes dessas áreas em estarem ocupando um espaço sujeito a eventuais inundações. Além disso, ao não terem noção dessa primeira condição, não teriam também conhecimento da prioridade em serem incluídos em projetos habitacionais destinados à população de baixa renda, circunstância oportunizada no §3º do mesmo artigo supracitado.

Nessa conjuntura, emerge a necessidade da identificação das áreas abaixo da cota altimétrica mínima, favorecendo e complementando o Plano Diretor Municipal. Fundamentada nessa necessidade, a Figura 5 mostra a delimitação das áreas abaixo da cota de 82 m.

A produção do mapa partiu inicialmente de um arquivo DWG disponibilizado pela base cartográfica da prefeitura de Marabá, sendo posteriormente trabalhado no *software AutoCad*. No tratamento desse documento foi destacada a curva de nível mais próxima da cota de 82 m, estando entre intervalos como 83,2 m e 81,7 m. Também para a confecção do mapa, foi necessária a utilização do *software* de geoprocessamento e informação geográfica *Qgis* versão 3.10.11, no qual o arquivo DWG foi inserido e utilizado como base para a marcação dos polígonos necessários à delimitação.

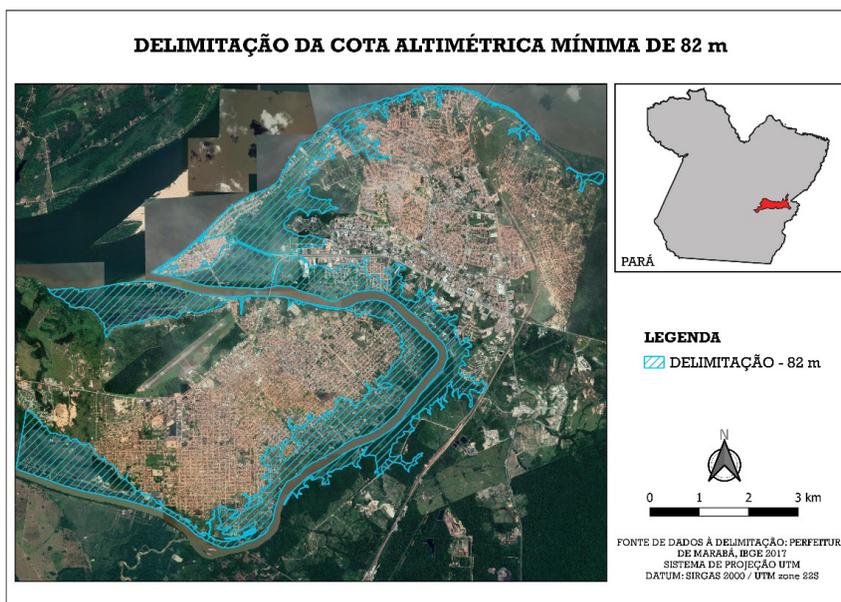


Figura 5: Mapa contendo a delimitação da cota de 82 m estabelecida no Plano Diretor de Marabá.

Fonte: Autores, 2021.

Conforme o que é apresentado no mapa, são perceptíveis ocupações que se encontram abaixo ou muito próximas à cota de 82 m, representando um risco aos moradores

e realçando a urbanização desordenada no município. Tal fato põe em destaque ainda a necessidade do controle dessas ocupações, evitando a possibilidade do aumento do número de afetados pelas enchentes e minimizando impactos negativos ao desenvolvimento do município.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gerir o território urbano e prevenir seus habitantes dos desastres naturais a que possam estar sujeitos é e sempre foi um desafio para qualquer Plano Diretor e ainda mais para os órgãos públicos municipais, que são responsáveis por minimizar os problemas que apareçam em um município. Nesse cenário, o mapeamento de áreas que estejam sujeitas a inundações tem sua relevância para o planejamento urbano, preocupando-se em ser um apoio à gestão territorial ferente à iminente expansão urbana.

Se tratando do território brasileiro, casos em que ocupações desordenadas das margens de rios comportam uma crescente área impermeabilizada são recorrentes, o que intensifica também a ocorrência de inundações nocivas, em diferentes aspectos, tanto ao poder público quanto à população. Nesse sentido, o mapeamento dessas áreas representa um passo importante ao início da tomada de medidas de controle, estando auxiliada por um reconhecimento dos elementos físico-ambientais e do entendimento da ocupação do solo das áreas afetadas.

Ao se observar a questão instaurada no município de Marabá, é possível perceber os prejuízos gerados a cada ano pelas cheias, os quais afetam desde o poder público até os habitantes. No município, grande parte dessa perda se dá em razão do não cumprimento daquilo que está estabelecido no Plano Diretor Municipal, uma vez que as pessoas continuam a habitar de forma crescente as áreas abaixo da cota altimétrica mínima. Dessa forma, é colocada em evidência a ausência de medidas para a regularização urbanista por parte dos órgãos municipais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. J. **A cidade de Marabá sob o impacto dos projetos governamentais**. São Paulo, 2008. 272 f. Dissertação (Mestrado em História Econômica) - Programa de Pós - Graduação em História Econômica, Departamento de História da FFLCH, USP, São Paulo, 2008.

ALMEIDA, J. J. **Os riscos naturais e a história: o caso das enchentes em Marabá (PA)**. Tempos históricos, v. 15, 2º semestre, p. 205-238, 2011.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Almedina, 2011.

BENTES, K. L. L. M. **Inundações em Marabá: avaliação estratégica para declarar emergência**. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

BOGO, R. S. **Plano Diretor Participativo: território e inundações em Rio do Sul/SC**. Dossiê, São Paulo, v. 22, n. 48, p. 555-578, mai./2020.

CAMPOS, S. J. A. M. *et al.* **Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco**. RBGEA - Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v.5, n.1, p.67-81, 2015.

CASTRO, C. O. **A habitabilidade urbana como referencial para a gestão de ocupações irregulares**. 183 f. Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana- Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2007.

COBALCHINI, M. S. R. 2017. **Zoneamento ambiental e planejamento de bacias hidrográficas: estudo de caso - do local (Arroio Barracão, no município de Bento Gonçalves / RS) ao regional (região metropolitana da Serra Gaúcha)**. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.

CRUZ, R. B. C. da. **Proposta metodológica para participação popular na definição de estratégias em planejamento urbano**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. **Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros**. Cadernos Metrópole, São Paulo, v. 28, n. 48, p. 365-395, mai./2020.

FREITAS, E. L. H. D.; BUENO, L. M. D. M. **Processos participativos para elaboração de Planos Diretores Municipais: inovações em experiências recentes**. Urbe, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 304-321, ago./2018.

JUNIOR, J. C. M. *et al.* **Álgebra de mapas aplicado na determinação de ocupações irregulares e o risco ambiental em Catolé do Rocha-PB**. Revista Ver de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 1, p. 01-07, 2016.

LIMA, R. C. A; NETO, R. M. S, 2019. **Portarias de zoneamento e mercado imobiliário em países em desenvolvimento: evidências de municípios brasileiros**. Journal of Housing Economics, V. 46, dez/2019.

MALEAS, I. **Habitação social em um contexto suburbano: Portador da diversidade periurbana?** Urbano izziv, França, V. 29, n. 1, p 73-82, jun./2018.

MARABÁ. **Desenvolvimento urbano: SDU promove conferência sobre habitação de interesse social**. 2017. Disponível em: <https://maraba.pa.gov.br/desenvolvimento-urbano-sdu-promove-conferencia-sobre-habitacao-de-interesse-social/>. Acesso em: 27 de dezembro de 2020.

MARABÁ. **Desenvolvimento urbano: SDU realiza 2ª conferência de habitação**. 2017. Disponível em: <https://maraba.pa.gov.br/desenvolvimento-urbano-sdu-realiza-2a-conferencia-de-habitacao/>. Acesso em: 28 de dezembro de 2020.

MARABÁ. **Gestão: Expansão desordenada dificulta desenvolvimento social e de infraestrutura**. 2019. Disponível em: <https://maraba.pa.gov.br/gestao-expansao-desordenada-dificulta-desenvolvimento-social-e-de-infraestrutura/>. Acesso em: 27 de julho de 2020.

MATOS, C. **A face do tecido urbano e as mazelas ao acesso à moradia social como o caso do município de Petrópolis desvenda a construção de uma lenda urbana.** Geo UREJ, Rio de Janeiro, n. 31, p. 219-248, dez./2017.

MICHELOTTO, L. G.; SOBRINHO, F. L. A. **A urbanização dispersa da cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.** ParaOnde!?, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 61-67, 2018.

MONTEIRO, N. R. O.; SILVA, D. S. **Percepções do ambiente, condições psicológicas e de qualidade de vida em habitantes de ocupações irregulares de área de manguezais na Baixada Santista, SP, Brasil.** Sustentabilidade em Debate, v.9, n. 3, p. 13-17, dez. 2018.

NOGUEIRA, T. M. P. 2017. **Alternativas de uso e ocupação do solo frente às pressões do avanço urbano nas encostas do Morro do Ribeirão ao norte dos limites do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis-SC.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. 2008. **Estudos cartográficos sistemáticos em engenharia de software.** Actas da 12ª Conferência Internacional sobre Avaliação em Engenharia de Software. p. 68-77, Jun. 2020. Acesso em: 16 de julho de 2020.

RATTNER, H. Prefácio. In: ACSELRAD, Henri (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas.** Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

REIS, P. A. **Identificação de áreas vulneráveis as enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos.** Uberlândia, 2015. 25 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

RODRIGUES, F. S.; LISTO, F. L. R. **Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na região Metropolitana de São Paulo.** Eng. Sanit. Ambient, v. 21, n. 4, p. 765-775, out./dez. 2016.

SANTOS, A. M. S. P. **Planejamento urbano: para quê e para quem?** Revista de Direito da Cidade, Rio de Janeiro, v. 04, n. 1, p. 91-119, 2012.

SANTOS, M. **Dinheiro e Território.** In: Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFF. Niterói (RJ): PPGEO-UFF/AGB-Niterói, 2002. p.17-38.

SANTOS, M. H. de S. **Análise da revisão do Plano Diretor de Araraquara-SP (2014): Em discussão o papel do Legislativo e os pilares da participação no planejamento urbano.** 2018. 213 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2018.

SILVA, J. R. F. **Zoneamento e forma urbana: ausências e demandas na regulação do uso e ocupação do solo.** 2014. 297 f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SILVEIRA, D. C.; CARMO, R. F.; LUZ, Z. M. P. D. **O planejamento de quatro áreas do Programa Vila Viva na cidade de Belo Horizonte, Brasil: uma análise documental.** Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 1165-1174, mar./2019.

URBANIZAÇÃO DE ENCOSTAS – ESTRATÉGIAS PARA OCUPAÇÃO E CONTENÇÃO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/06/2021

Henrique Dinis

Universidade Presbiteriana Mackenzie, EE Civil
São Paulo - São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2676157952346524>

RESUMO: As áreas urbanizadas são geralmente grandes porções do solo, orientadas segundo critérios que lhes conferem características próprias para usos variados, que impõe parcelamentos específicos segundo suas funções. Quando as encostas são ocupadas pela urbanização, de forma não planejada, decorrem desta prática possíveis deslizamentos e outros fenômenos de deslocamento de massas de solo, que são classificados como riscos geológicos. Este trabalho avalia os riscos geológicos decorrentes da ocupação das encostas pela urbanização, analisando os tipos de ocupação, mais especificamente, os casos em que tenham ocorrido de forma irregular e precária, e as ocorrências características dos movimentos de massas como consequência dos trabalhos da terraplanagem nestas áreas. Apresenta, para várias situações distintas de ocupação, as obras de contenção que melhor se aplicam.

PALAVRAS-CHAVE: Urbanização; Ocupação não planejada de encostas; Obras de contenção.

SLOPE URBANIZATION - OCCUPATION AND CONTAINMENT STRATEGIES

ABSTRACT: Urbanized areas are generally large portions of the soil, oriented according to due characteristic criteria for varied uses, which imposes specific installments according to their functions. When slopes are occupied by unplanned urbanization, there are possible landslides and other phenomena of displacement of soil masses, which are classified as geological risks. This work evaluates the geological risks arising from the occupation of the slopes by urbanization, evaluating the types of occupation, more specifically, the cases in which they occurred irregularly and precariously, and the characteristic occurrences of mass movements as the earthwork's consequence in these areas. It presents, for several different situations of occupation, the containment works that best apply.

KEYWORDS: Urbanization; Slopes unplanned occupation; containment works.

1 | INTRODUÇÃO

Contenções são obras que visam estabilizar ou conter o solo, diante de fenômenos que causam sua instabilidade, como em áreas de encostas com ocupação urbana, quando massas de solo, diante da perda do equilíbrio natural ou devido a intervenções humanas, podem romper. A forma mais comum pode ser por deslizamentos e escorregamentos de massas de solo, ou no caso de erosões, pode

ocorrer deslocamento, tombamento, ou desprendimento das superfícies dos taludes (DAS, 2011). Em encostas, especialmente, como cita Gerscovich (2012) os taludes naturais estão sempre sujeitos a apresentar problemas de instabilidade, tendo em vista tratar-se da própria dinâmica de evolução das encostas, devido aos processos físico-químicos contínuos de alteração das rochas, que após fenômenos como o intemperismo, que causam sua deterioração, formam solos residuais, que apresentam características inferiores para resistir aos efeitos do deslizamento, gerando condições propícias para deflagrar a ruptura. Ainda, após a ruptura do talude natural, o transporte do material pode não ser pleno, ocorrendo depósitos ao longo da encosta, denominados de solos coluvionares, que não são estáveis e podem escorregar e formar avalanches, mediante a ação das chuvas. Segundo Massad (2010), diante de chuvas intensas e prolongadas, que causam infiltrações e a saturação do solo, o fator de segurança quanto à instabilidade, em situações extremas, pode chegar próximo de 1,0, recomendando que as intervenções do homem devam alterar o mínimo possível a geometria da encosta.

Normalmente, as obras de grande porte, em meio às encostas, são realizadas segundo um rígido acompanhamento geotécnico, elaborando-se projetos pontuais de contenção, sempre que se detecta possível instabilidade. No entanto, em encostas ocupadas por urbanização, há uma grande mescla de tratamentos, desde projetos complexos e sofisticados atendendo edificações públicas ou de alto padrão, até improvisações efetuadas sem o menor critério técnico. A exemplo, são as ocupações por favelas, em que estes cuidados são mínimos, ou mesmo inexistentes, fazendo com que os acidentes com a ruptura de taludes sejam constantes.

De forma geral, no Brasil, o fenômeno de urbanização nas grandes cidades, inicialmente, avançou por terras de maior altitude, ocupadas pelas elites, mas normalmente, também, com maiores declividades. Há exceções, como exemplo em São Paulo, em alguns bairros-jardins, às margens do Rio Pinheiros, onde se implantaram os arruamentos em regiões pertencentes às várzeas do rio. Mais comumente, as baixadas e várzeas de córregos, foram tomadas por assentamentos precários, que no futuro, tornaram-se áreas de risco, por enchentes.

Posteriormente, com o crescimento das cidades, as ocupações desordenadas vieram se processando de forma acelerada, e como decorrência, com o crescente aumento populacional, esgotaram-se as possibilidades de assentamentos em áreas dotadas de infraestrutura, mesmo que mínima, o que levou à ocupação irregular de áreas vagas, de risco, não mais somente às margens dos córregos, mas também, em localidades mais distantes, muitas vezes em encostas, suscetíveis a deslizamentos, sem qualquer tratamento de estabilização.

Segundo Massad (2010) “O problema da estabilidade de encostas naturais tem afetado muito a população brasileira, de forma geral. Basta lembrar a *queda de barreiras* em nossas estradas, ou as tragédias sobre os habitantes das periferias de algumas de

nossas maiores cidades, por ocasião de chuvas intensas e prolongadas, em grande parte, pela ocupação desordenada de encostas de morros”.

Segundo JORGE (2013), com a ocupação desenfreada das encostas, para usos urbanísticos, o desmatamento para a construção de casas e ruas tem sido a principal causa para a ocorrência dos processos de movimentos de massas de solo. O processo se inicia com a remoção da cobertura vegetal e da alteração da superfície natural da encosta, e sua progressão vai depender do tipo de solo, declividade e forma da encosta, e como o ser humano intervém. Em áreas urbanizadas, ou em processo de urbanização, tem muita influência, a forma como foi efetuado o parcelamento do solo e como está sendo utilizado. Em áreas de propriedades maiores, como chácaras ou pequenos sítios, o problema é menor, devido à possibilidade de se acomodar a terraplanagem com taludes adequados à estabilização do solo. No entanto, em se tratando de áreas residenciais, a criação de patamares para assentamento das edificações pode gerar instabilidades locais, ou mesmo geral, de deslizamento da encosta, quando as declividades forem muito elevadas. Mais grave, são as ocupações irregulares e precárias, quando não há qualquer critério técnico para a criação dos patamares, como também, não há, para assentar as edificações por meio de fundações suficientes à sua estabilidade.

Na maior parte dos casos, as técnicas preventivas, como o tratamento superficial do solo, não são suficientes para a segurança contra os desmoronamentos locais, ou mesmo, deslizamentos, tornando-se necessário o uso de tecnologias construtivas para a execução de obras de contenção corretivas, as que sejam mais adequadas para garantir a segurança contra os fenômenos geológicos, não somente sob o ponto de vista construtivo, mas também, financeiro e de impacto ambiental (MÁXIMO, 2006). Em caso de áreas em processo de consolidação, deve-se prever soluções adequadas para se lidar com os movimentos de massa, planejando os desníveis entre patamares e as obras de arrimo, de forma eficiente, para não causar a instabilidade das massas de solo, incorrendo em riscos geológicos. Leva-se, assim, à necessidade de se conhecer mais profundamente as aplicações, bem como as vantagens e desvantagens de cada técnica construtiva para estabilização e contenção de encostas, para sua aplicação, especialmente quando com ocupação antrópica, na busca de soluções adequadas, quando relacionadas a esta problemática.

Os principais problemas com a instabilidade podem ser causados por drenagem deficiente, cortes sem a devida proteção, sobrecargas aplicadas, dentre outras causas. Normalmente, obras de regularização geométricas dos taludes são suficientes, quando bem abatidos, em caso contrário, recorre-se às contenções, que podem exigir a cada caso, projetos específicos, dependendo da extensão do problema.

Sendo necessárias obras de contenção, estas ocorrem em três situações distintas: as mais complexas e onerosas, são as de reconstituição dos taludes rompidos; seguindo-se das obras para correção de taludes que sofreram intervenções inadequadas, visando

um aumento da segurança; e por fim, as obras preventivas, visando a proteção contra a instabilidade natural das encostas.

Para cada situação, são várias as soluções que se aplicam, sejam para as obras de correção, para aumento de segurança, quanto às de reconstrução, podendo-se citar os muros de arrimo, em concreto, gabiões e outros similares; as contenções em estacas, cortinas atirantadas, solo grampeado, solo reforçado, dentre outros, decidindo-se entre eles, quanto ao tipo de risco geológico envolvido, implicações executivas, tipo do solo, local e geometria da área envolvida, e os consequentes custos de cada obra, valendo a melhor relação custo-benefício.

Em se tratando de encostas com ocupação antrópica, de forma irregular, como as favelas, ocorrem em grande parte delas, problemas de instabilidade local, em decorrência da construção de patamares para assentamento de edificações, sem a devida proteção. Em análise de riscos, muitas destas habitações são avaliadas como risco geológico na escala máxima, recomendando-se sua remoção. Obras de contenção são complexas, muitas vezes descartadas pelo alto custo de execução, no entanto, não inviáveis. Ocorre que nas grandes cidades o custo social tem se tornado cada vez maior, uma vez que mesmo os espaços para se construir conjuntos habitacionais estão se esgotando. Recorre-se, então, às possibilidades de se preservar tais edificações, mesmo que a um custo elevado.

Por outro lado, devido à intrincada relação do espaço e sua ocupação, em encostas, especialmente, torna-se complexa e de difícil solução, a implantação de obras de contenções, tendo em conta aspectos como: falta de espaço para a própria obra, para utilização de equipamentos de execução e dificuldades com a acessibilidade. Nestes casos, são as soluções pontuais, as que demandam o menor espaço construtivo, as mais viáveis. Se destacam, neste contexto, as contenções em estruturas de concreto com fundações em estacas moldadas.

Outras soluções vêm sendo também utilizadas, neste sentido, mesmo que geomericamente mais difíceis, as contenções de solo armado, utilizadas normalmente para reconstrução de patamares que sofreram escorregamento ou para adequações geométricas de vielas para restituir acessos às casas, como também, as de solo grampeado, para assegurar a estabilidade de patamares em risco de escorregamento ou erosão, desde que o talude não se encontre frontalmente obstruído.

2 | ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA ESTABILIZAÇÃO E CONTENÇÃO

Para se decidir por um sistema construtivo, inicialmente, é necessário efetuar uma análise geotécnica completa sobre a obra. Normalmente, procura-se identificar, em áreas classificadas como de risco geológico, situações típicas para aplicação dos referidos métodos de contenção, avaliando-se peculiaridades que conduzam às especificidades de cada processo construtivo, como: local da obra, acessibilidade a equipamentos, geometria,

solo, dentre outros. São muitas as alternativas para solucionar o mesmo problema, valendo-se da que apresentar a melhor relação custo-benefício.

Como regra, para se efetuar obras de contenções em encostas, ou em locais íngremes, em que já ocorreram muitas interferências geométricas na altimetria do terreno, deve-se primeiramente ser verificada a estabilidade global dos taludes naturais. A questão é bem ampla, envolvendo as causas que levam aos escorregamentos naturais, tendo em vista fenômenos temporais que alteram as características dos solos ou como estão arrançados na natureza, podendo como consequência do próprio processo, ocorrer fenômenos de movimento de massas (MASSAD, 2010).

A análise da estabilidade natural das encostas normalmente demanda estudos mais complexos, envolvendo um número maior de variáveis, muitas só reconhecidas no campo. Assim, não faz parte deste trabalho, em que deseja-se tirar conclusões sobre condicionantes de sistemas construtivos de contenção de taludes secundários, o que leva a estudos de estabilidade local. Segundo Gerscovich (2012), para avaliar a estabilidade de taludes, deve-se verificar, inicialmente, a possível forma da ruptura, que considera a geometria do maciço de terra, as sobrecargas, o solo que constitui as camadas de ruptura, se residual, coluvionares, ou mesmo rocha, eventuais heterogeneidades ao longo do perfil do talude, como também, a existência de infiltrações que acarretam poropressões.

Relativamente à verificação da estabilidade local, que requer estudos inclusive das fundações, formas e dimensionamento das partes com armação, pode-se chegar às larguras de cada contenção e sua viabilidade geométrica. Neste sentido, cabe verificar exatamente as técnicas de execução e disposições construtiva de cada um dos métodos em questão.

3 | MÉTODOS CARACTERÍSTICOS PARA CONTENÇÃO

Há uma infinidade grande de métodos para estabilização e contenção dos solos, diferenciando-se pelas suas aplicações para várias situações específicas.

Para o caso de áreas de pequeno tamanho, como lotes de um parcelamento para habitação, por exemplo, são boa solução, para contenção, as estacas moldadas ou escavadas, que requerem equipamentos razoavelmente compactos para sua execução. Por outro lado, se aliadas a sistemas estruturais diversos, trabalhando de forma adequada, podem dar solução aos mais variados casos de contenção, inclusive, compondo-se às próprias estruturas das edificações. Estas estruturas, quando isoladas, são também denominadas de muros de arrimo.

As estacas escavadas têm suas dimensões definidas para prover sua estrutura de capacidade reativa às cargas verticais, quando imersas no solo, transferindo as cargas aplicadas para o solo, em parte por meio do atrito lateral e parte, por resistência de ponta. (CINTRA, 2019). Também, se de grande diâmetro, podem apresentar uma significativa

capacidade à reação horizontal, quando concebidas para esta finalidade, tornando-se solução para muitos problemas de ocorrência de empuxos de terra. Para as estacas assim concebidas, as cargas horizontais decorrentes dos empuxos de terra, quando aplicadas contra sua estrutura, são absorvidas pelo comportamento elástico do solo, que deve promover relações ao longo do comprimento da estaca, em reação à deflexão desta. (BUDHU, 2013).

Em se tratando de estacas esbeltas, se executadas em grupo, e eventualmente inclinadas, relativamente ao eixo vertical, podem se valer de sua capacidade de reação axial, para que, na decomposição dos carregamentos aplicados, absorvam uma parcela significativa das cargas horizontais e momentos, valendo-se muitas vezes das reações de levantamento (tração) para equilíbrio das parcelas de decomposição dos momentos. Havendo estacas inclinadas, absorvem cargas horizontais, quando trabalhando em binário (BUDHU, 2013).

Esta característica, da possibilidade de utilização de estacas para absorver forças horizontais, no caso, empuxos de terra, favorece sua utilização em obras de contenção, sejam estas obras preventivas ou corretivas.

As estacas mais apropriadas para o caso em questão, especialmente em terrenos íngremes, são as moldadas “in loco”, especialmente as que não exigem equipamentos de porte para sua execução. São várias as técnicas que se enquadram nesta condição, destacando-se para diversas aplicações e situações de execução, por exemplo, as estacas tipo Straus, as estacas tipo Raiz e microestacas, tipicamente esbeltas, inclusive, os tubulões curtos a céu aberto, estes últimos, de maior diâmetro.

Também, as obras de contenção em solo armado, sejam as de solo reforçado, como as de solo grampeado, apresentam boa aplicabilidade em situações de espaço restrito, por não exigirem equipamentos de porte para sua execução, mesmo que geometricamente exijam maior espaço para sua implantação. Ambas têm, na prática, aplicações distintas e sua maior aplicação ocorre na apropriação de grandes áreas, como chácaras ou instalações industriais e comerciais. No entanto, em encostas ocupadas de forma desordenada e precária, por pequenos lotes, as cortinas de solo grampeado são geralmente utilizadas para a proteção de taludes, em risco de ruptura, e as de solo reforçado, para a sua reconstituição, após ruptura do talude, quando se deseja restituir o espaço de ocupação. Ambas as soluções, no entanto, podem ser estudadas quando aplicadas para restituir ou dotar de segurança, espaços ocupados, de forma geral.

As contenções de solo reforçado são formadas por maciços de terra, a que se atribui o comportamento de corpo rígido, ao menos suficiente para distribuir ao solo tensões verticais de reação aos carregamentos verticais e momentos causados pelos empuxos de terra. Estaticamente, sua estabilidade é considerada semelhante à de um muro de arrimo, por exemplo, de flexão em concreto, em que sua sapata está aplicada sobre uma camada de solo superficial, definida como sendo uma base com capacidade a desenvolver reação

no solo onde se apoia (EHRLICK, 2009). Na verdade, estas contenções são estruturas flexíveis, tendo em vista as movimentações do maciço terroso, mas que, ao receberem armações distribuídas, concedem ao maciço, estabilidade aos efeitos de deslizamento e tombamento (FELIX, 1991). Construtivamente, são caracterizadas pela junção de paramentos verticais, que podem ser elementos modulares pré-fabricados de concreto ou qualquer outro sistema de vedação resistente, na função contenção, ancorados no solo por armações horizontais, intercaladas por camadas de terra compactada. Estas armações, além de conceder ao solo o comportamento de um maciço rígido, sustentam o paramento aos efeitos dos empuxos horizontais. Podem ser barras ou fitas de aço; mantas tecidas; geotêxteis; telas; geogrelhas; ou outro tipo que possibilite sua intercalação entre as camadas de solo compactado e que tenha uma boa resistência à tração. (DAS, 2012). A estrutura resultante propicia uma contenção com boa capacidade de suporte para aplicação de sobrecargas em seu terrapleno, contando com grande flexibilidade e tolerância a recalques diferenciais (FELIX, 1991).

Segundo Gerscovich (2019) “Diversas são as características vantajosas da técnica de solo reforçado, porém uma salta aos olhos: a possibilidade de utilização do próprio solo disponível no local como um dos principais materiais para a construção da estrutura de contenção”. Ainda, refere-se a outras qualidades, como a utilização de equipamentos simples, velocidade de execução e tolerância a recalques de fundação, entre outras. Cabe salientar, que para pequenas obras pode-se utilizar compactadores e escavadeiras do solo compactos para preparar a base da obra. Porém, como ponto negativo, a obra requer espaços relativamente grandes para sua implantação, normalmente maiores que outras soluções. De forma geral, em encostas com ocupações desordenadas, é boa solução para recomposição de taludes rompidos, restituindo-se um patamar superior para nova ocupação, também, para arrimar arruamentos sobrelevados.

O Solo grampeado, por sua vez, trata-se de uma estabilização de taludes em maciços terrosos, em situação de corte ou escavação, quando se aplica na superfície do solo escavado, um paramento, vertical ou nadeclividade do talude. Como resultado, a estabilidade do maciço de solo fica assegurada aos efeitos de deslizamento ou deslocamento, por meio da introdução de reforço na massa do solo natural, por meio da inserção de barras sub-horizontais de aço, por cravação, no caso de grampos ou pregos; ou em pré-furos preenchidos com nata de cimento, no caso chumbadores (MASSAD, 2010). Se diferenciam dos tirantes ativos, por não serem protendidos. O paramento, aplicado imediatamente após ter sido efetuado o corte do maciço, pode ser constituído de concreto armado projetado, ou unicamente, receber sobre a superfície, uma tela, com resistência para conter as pressões do solo entre grampos, com posterior plantio de grama ou vegetação arbustiva sobre a mesma. A armação, como na alternativa anterior, ancora e sustenta o paramento aos efeitos dos empuxos horizontais, mas ainda, pode trabalhar para garantir a estabilidade global do maciço assim formado.

O solo grampeado se mostra um método eficaz e econômico frente a outras soluções, pois apresenta a possibilidade de execução em locais de difícil acesso, com rapidez no trabalho, que faz do método uma das melhores maneiras de conter maciços (SOLOTRAT, 2009). Também admite a aplicação de sobrecargas em eventual terrapleno, quando contendo o solo de um patamar, tomando-se o cuidado de não se aplicar cargas de edificações com fundações profundas, como estacas ou brocas, já que desestruturaria a armação do solo concedida pelos grampos.

4 | CONCLUSÃO

As áreas urbanizadas tratam de grandes porções do solo, orientadas segundo critérios que lhes concedam características próprias para usos variados, que impõe parcelamentos específicos segundo suas funções. Não se referindo a legislações de uso e ocupação do solo, que atribuem regras segundo finalidades interpretativas diferentes, como salubridade, poluição, acessibilidade, mobilidade, dentre outras, inclusive, em muitos casos, à própria capacidade de uso que terá o solo segundo sua geometria, o parcelamento refere-se, especialmente, ao tamanho dos lotes, sua localização e acessibilidade.

No entanto, ao que se verifica, são poucos os casos em que se considera, no projeto, excetuando-se empreendimentos de melhor padrão, a relação do tamanho dos lotes com a declividade do terreno. Mesmo parecendo de menor importância, esta condição é imprescindível para que se obtenha um bom aproveitamento na ocupação, a custos menores, com segurança a riscos geológicos, especialmente, tratando-se de encostas. Muitas vezes, se verifica que as obras de contenção necessárias para se obter patamares planos para implantação da edificação, são tão elevados, que fazem com que, para se reduzir custos, incorre-se a riscos com deslizamentos ou desmoronamentos. Não faltam exemplos de tragédias neste sentido.

Desta forma, um estudo detalhado sobre os custos com contenções deve ser efetuado, seja para se definir o desenho de um empreendimento em área urbana, quanto ao seu tamanho. Não é prudente, por exemplo, seja por segurança a desmoronamentos, como pelos altos custos de ocupação, lançar loteamentos de baixo padrão em áreas com grandes declividades, o que pode levar, a riscos geológicos. Inevitavelmente, no Brasil, por razões de desequilíbrio social, ocorrem ocupações irregulares e precárias em encostas, sem qualquer critério para estabelecimento de inclinações de taludes, como tão pouco, orientações para a drenagem. Nestes casos, como responsabilidade social, o poder público acaba arcando com o ônus de dotar estas áreas de segurança mínima para manutenção da população instalada.

As obras de contenção, assim, mesmo sendo soluções para a maioria dos casos de risco com deslizamentos, desmoronamentos ou erosões do solo, sempre impõe altos custos para sua implantação, merecendo análises geotécnicas criteriosas para sua escolha,

projeto e execução, como se verificou ao longo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BUDHU, MUNI. **Fundações e estruturas de fundações**. 1 Ed. LTC: Rio de Janeiro, 2013.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, **Fundações por estacas: Projeto Geométrico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

DAS, B. M. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**. 7. Ed, CENGAGE: São Paulo, 2012.

EHRLOCK, M. Becker, L. **Muros e Taludes de Solo Reforçado: projeto e execução**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FELIX, CARLOS. **Comportamento dos muros de terra armada**, 1991, 151p. Dissertação - Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto, 1991.

GERSCOVICH, DENISE; DONZIGER, BERNADETE; SARAMAGO, ROBSON. **Contenções: Teoria e Aplicações em Obras**. 1. Ed, Oficina de Textos, 2019.

GERSCOVICH, DENISE. **Estabilidade de taludes**. 1. Ed, Oficina de Textos: São Paulo, 2012, 166p.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos: São Paulo, 2013.

MASSAD, F. **Obras de terra: curso básico em geotecnia**. Oficina de Textos: São Paulo, 2010.

MÁXIMO, A. C. **Uma análise de risco em encostas urbanas**. Mestrado em Arquitetura. 218 f. Universidade Federal de Santa Catarina: Blumenau, 2006.
Oficina de Textos: São Paulo, 2010, 216p.

SOLOTRATE. **Manual de serviços geotécnicos**. 3. Ed. São Paulo, 2009.

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.

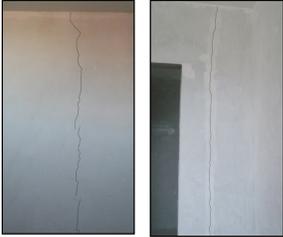
Tipo de fissura	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
<p>1) Fissura localizada nas extremidades de aberturas e verticais nos peitoris de janelas</p> 	<p>Fechamento de alvenaria sem a execução de vergas e contra vergas: NBR 8545: 1984</p> 
<p>2) Fissuras verticais em paredes sem aberturas e/ou próximo de aberturas</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>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>4) Fissura horizontal no encontro de viga e alvenaria</p> 	<p>Deficiência na execução do encunhamento de paredes (NBR 8545:1984)</p> 
<p>5) Fissura vertical no encontro entre pilar de concreto armado e parede de alvenaria</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.

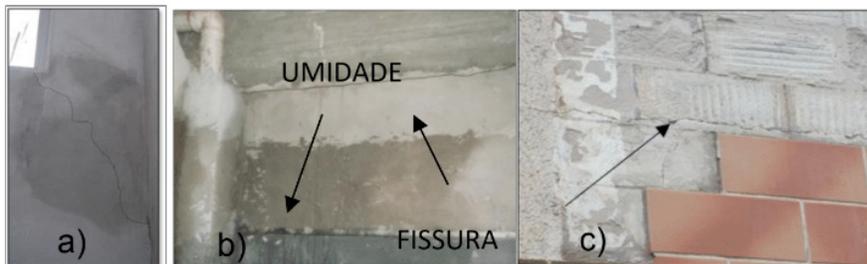


Figura 1. Problemas associados ao inicial. a) Infiltração em cantos de janelas b) Infiltração na interface viga/parede c) Deslocamento de revestimento cerâmico.

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 rejunte 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 rejunte 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.

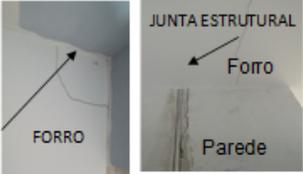
Fissura em forro de gesso	Investigação do processo construtivo em desacordo com as recomendações técnicas da ABNT
<p>13) Fissuras em forros de gesso comum em cantos de parede e paralelas à junta de dilatação da estrutura</p> 	<p>Ausência de juntas de dessolidarização e de movimentação entre a parede 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).

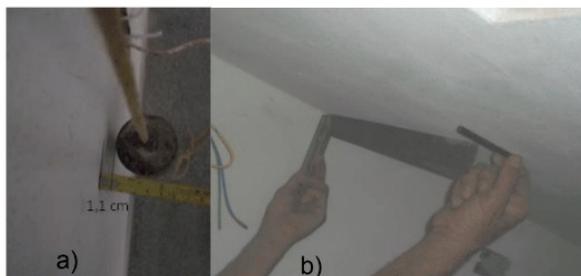


Figura 2. Defeitos em paredes de alvenaria: a) Parede fora de prumo. b) Parede sem esquadro.

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).

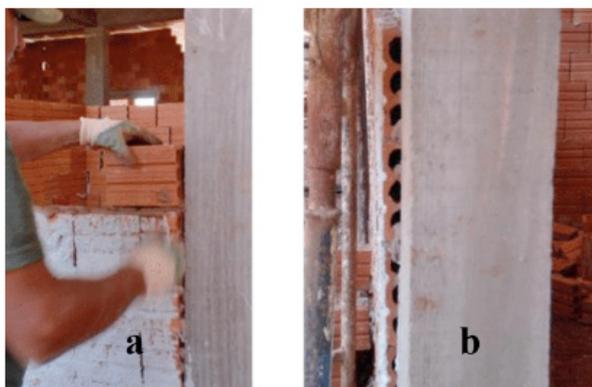


Figura 3. a) Assentamento de alvenaria sem o emprego de ferramentas adequadas. b) parede concluída.

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.

APLICAÇÃO DO MÉTODO SCS PARA SUPORTE AO PLANEJAMENTO URBANO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Wanderson Ferreira dos Santos

Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
<https://orcid.org/0000-0001-8701-2802>

Ed Carlo Rosa Paiva

Universidade Federal de Catalão
Catalão - Goiás
<https://orcid.org/0000-0002-8045-5894>

Juliana Alves de Jesus Iraçabal

Universidade Federal de Catalão
Catalão - Goiás
<https://orcid.org/0000-0002-3374-4490>

Bruna Gôbbo de Águas

Universidade Federal de Catalão
Catalão - Goiás
<https://orcid.org/0000-0002-2586-0168>

Thaynara de Almeida Corrêa Silva

Universidade Federal de Catalão
Catalão - Goiás
<https://orcid.org/0000-0001-6660-8412>

Lariane Fernanda de Deus Faria

Universidade Federal de Catalão
Catalão - Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-3077-5598>

RESUMO: Frequentemente são observados diversos problemas nos perímetros urbanos em períodos chuvosos, o que muitas

vezes está associado aos sistemas de drenagem subdimensionados e/ou excessiva impermeabilização devido à urbanização descontrolada de diversas cidades. Tais problemas podem ser evitados por meio de um planejamento urbano adequado juntamente com um sistema de drenagem eficiente. Nesse contexto, o presente trabalho visa avaliar o volume de escoamento superficial direto comparando diferentes condições de urbanização e umidade. Para determinar o volume de escoamento é empregado o método *Soil Conservation Service* (SCS). Cabe destacar que o processo envolve a determinação do *curve number* (CN), parâmetro bastante relevante no dimensionamento dos sistemas de drenagem. Os resultados mostram que a urbanização interfere de forma significativa no volume de escoamento superficial direto. Inclusive, os resultados obtidos contribuem com informações pertinentes para um melhor planejamento urbano da área estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Volume de escoamento superficial, planejamento urbano, método SCS.

APPLICATION OF THE SCS METHOD TO SUPPORT URBAN PLANNING

ABSTRACT: Frequently, several problems are observed in the urban perimeters in rainy periods, which is often associated with undersized drainage systems and/or excessive waterproofing due to the uncontrolled urbanization of several cities. Such problems can be avoided through proper urban planning together with an efficient drainage system. In this context, the present work aims to evaluate the volume of direct runoff comparing different conditions of urbanization

and humidity. The Soil Conservation Service (SCS) method is used to determine the runoff volume. It should be noted that the process involves determining the curve number (CN), a very relevant parameter in the dimensioning of drainage systems. The results show that urbanization significantly interferes with the volume of direct runoff. Including, the results obtained contribute with relevant information for a better urban planning of the studied area.

KEYWORDS: Surface runoff volume, urban planning, SCS method.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades acarreta diversos impactos negativos à população e ao meio ambiente, principalmente nos países subdesenvolvidos. Isso porque o processo de urbanização ocorreu com um planejamento ausente ou ineficaz, com infraestrutura inadequada e falta de diretrizes de ocupação, como apontam Ártico e Cordeiro (2014) e Ferreira (2000). Isso juntamente a um sistema de drenagem ineficiente potencializa diversos problemas nos perímetros urbanos e também na natureza.

As alterações no sistema de drenagem natural e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico local estão entre as problemáticas causadas pelo uso e ocupação do solo de forma desordenada. Conforme Menezes Filho e Costa (2012), Targa *et al.* (2012), Tucci (2003) e Valle *et al.* (2016), a retirada da cobertura vegetal, responsável por amortecer o impacto da chuva no solo, e a crescente impermeabilização de áreas reduzem a capacidade de infiltração do solo, aumentando a velocidade do escoamento superficial. Deste modo, o sistema de drenagem pode sofrer sobrecargas e a possibilidade de ocorrência de inundações associada a perdas materiais e humanas é maior (SILVA e POLETO, 2015). Ademais, os alagamentos permitem a proliferação de vetores que transmitem doenças como cita Oliveira *et al.* (2015).

Tucci (1997) ainda introduz que a ausência da camada de proteção de superfícies implica maior geração de resíduos sedimentares. Com isso, a qualidade das águas superficiais pode ser prejudicada pelo carreamento de material sólido e lavagem das áreas urbanas. Além disso, podem surgir problemas relacionados com o assoreamento do leito do rio e erosões, como apresentam Oliveira *et al.* (2016) e Tasca, Pompêo e Finotti (2018).

Nesse sentido, o correto planejamento do uso e ocupação do solo e um sistema de drenagem urbana são essenciais para evitar problemas gerados por precipitações intensas, como inundações, enchentes e erosões. Outra questão a ser observada é que muitos Planos Diretores existentes tratam de forma superficial a drenagem urbana, bem como não a percebem como uma ferramenta de controle de alagamentos (TUCCI, 1997; LUIZ e ROMÃO, 2019). Assim, de acordo com Santos, Ruffino e Barros Filho (2017), existem galerias subdimensionadas, ligações clandestinas de esgoto e ausência de planos de prevenção e manutenção das tubulações de drenagem de acordo.

Para o adequado planejamento e dimensionamento do sistema de drenagem é necessário delimitar a bacia hidrográfica, uma vez que suas características são primordiais

para o entendimento do ciclo da água (TUCCI, 1997). Conhecer a forma geométrica da bacia, a declividade, a geomorfologia, as cotas do terreno, o uso e ocupação do solo e as nascentes do curso d' água, permitem determinar, por exemplo, vazão de pico, tempo de concentração e chuva excedente, alguns dos parâmetros imprescindíveis para o projeto dos componentes do sistema. Conforme Muñoz-Robles *et al.*(2011), a chuva excedente é um fator importante na delimitação das vazões de cheia, principalmente em bacias pequenas e urbanizadas nas quais a impermeabilização do solo diminuiu a infiltração das águas. Além disso, a chuva excedente é primordial na análise do potencial de rendimento de água em uma bacia hidrográfica, auxiliando na tomada de medidas para amenizar os efeitos negativos sobre o solo e água.

Há muitas metodologias passíveis de quantificar o escoamento superficial direto, dentre as quais o Método do *Soil Conservation Service* (SCS). No método SCS, a quantificação da retenção potencial máxima relaciona características da bacia hidrográfica como tipo de solo, ocupação e da umidade antecedente por meio do número da curva ou *curve number* (CN). O coeficiente CN é utilizado para avaliar a condição de permeabilidade da bacia a ser considerada no projeto dos sistemas de drenagem.

Dentro desse contexto, o presente trabalho tem a finalidade de elaborar um estudo de caso voltado para a análise da influência da urbanização no volume de escoamento superficial direto. O método de cálculo adotado foi o SCS com enfoque para a área em que, atualmente, estão localizados os Bairros Evelina Nour I e II no município de Catalão localizado no estado de Goiás. Nas análises são consideradas três condições de urbanização e duas condições de umidade do solo. Vale destacar que o Bairro Evelina Nour II apresenta alguns problemas pontuais em períodos chuvosos e está situado próximo a uma nascente, o que torna o estudo mais relevante.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

No que segue, são apresentadas as características da área de estudo incluindo a localização e delimitação da bacia, além de considerações referentes ao clima e tipo de solo presente na região. Posteriormente, é descrito o procedimento para determinar o volume de escoamento superficial direto com o método SCS, bem como os cenários estudados, as condições de umidade analisadas e os valores de precipitação utilizados nos cálculos.

2.1 Características da área estudada

O estudo é direcionado para uma pequena bacia hidrográfica delimitada no município de Catalão-GO, cuja localização é mostrada na Figura 1. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), a o município de Catalão apresenta uma área territorial em 2018 de 3.821,463 km² e população estimada em 2019 de 108.823 habitantes.

Na Figura 2 é mostrada a delimitação da bacia (em vermelho) que, atualmente,

é parcialmente urbanizada contemplando os Bairros Evelina Nour I e II. Em relação à topografia, a parcela mais elevada da bacia consiste na rodovia estadual GO-330. Já o caimento ocorre no sentido da nascente, local para onde será convergido todo escoamento configurando, assim, como o exutório. Na Figura 3 é possível visualizar de forma mais precisa a localização da bacia e, inclusive, a indicação do local do exutório. Ademais, a bacia apresenta uma área total de 0,61 km².

O clima da região é Tropical com dois períodos definidos: i) Primavera-verão chuvoso, em geral, variando de novembro a março; ii) Outono-inverno seco, geralmente, entre os meses de junho a setembro. Já maio e outubro correspondem a meses de transição. Quanto ao índice pluviométrico anual, apresenta variações entre 1.200 a 1.355 mm (FERNANDES, 2017).

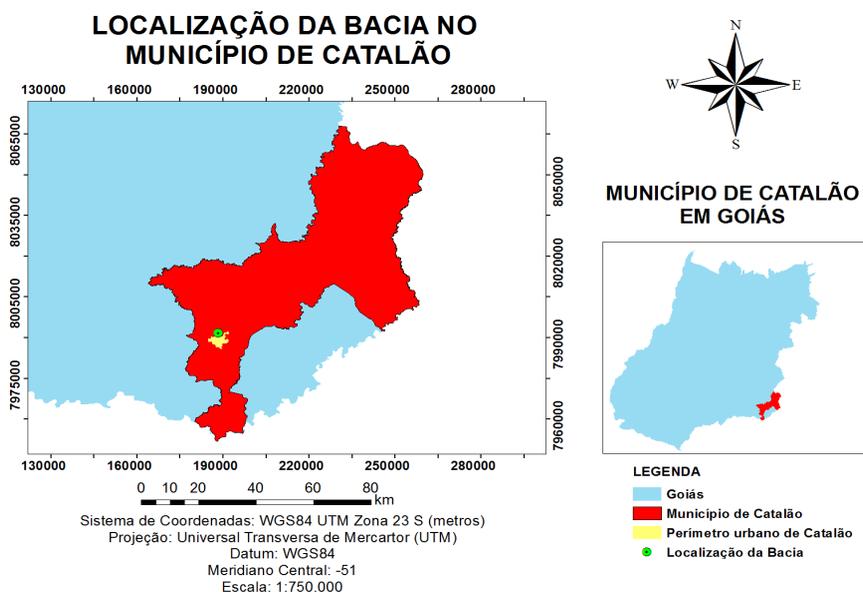


Figura 1. Localização do município de Catalão-GO.

Fonte: Autoria própria (2020).

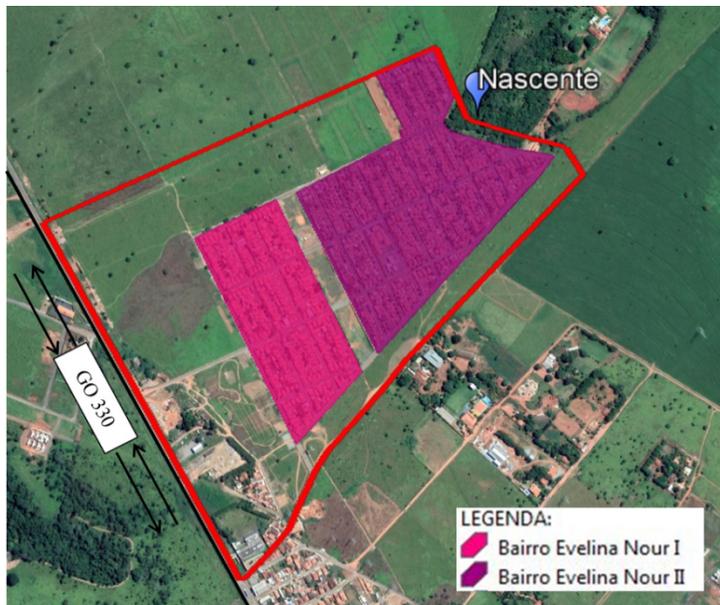


Figura 2. Área de estudo incluindo os bairros Evelina Nour I e II.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2021).

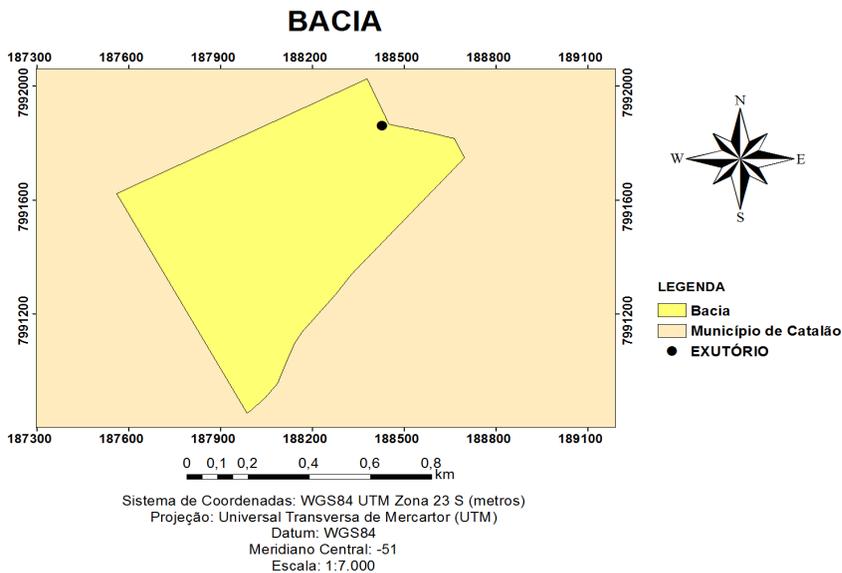


Figura 3. Localização da bacia.

Fonte: Autoria própria (2021).

Em relação às características do solo, Mosca (2004) explica que o município de Catalão possui quatro tipos de solo predominantes em seu território: Latossolos, Plintossolos, Cambissolos e Neossolos. Além disso, as características pedológicas apresentam registros

históricos de rochas Pré-Cambrianas, o que concerne à formação de solos (como é o caso dos supracitados) a partir de rochas gnáissicas. Porto (2012) descreve a classificação de cada um dos solos que estão presentes nessa região, podendo verificar que todos apresentam características argilosas, o que faz com que a permeabilidade dos solos seja baixa. Em Moraes et al. (2014), pode ser verificada uma série de análises correspondentes às características do solo do município de Catalão, tais como: granulometria, textura e coloração. Tal estudo levou em consideração a interpretação pedológica para a definição de texturas, através de testes laboratoriais. As amostras de solo apresentaram, em sua maioria, textura média, com teores de argila e silte na faixa de 15 a 35% do solo total.

2.2 Volume de Escoamento Superficial e Método *Soil Conservation Service*

O escoamento superficial direto ou chuva excedente compreende a parte da chuva que inicialmente escoar na superfície do solo e tem como direcionamento os cursos de água maiores e mais bem definidos (PORTO, 1995). A determinação do volume de escoamento superficial direto (V_{esd}) pode ser realizada através da Equação (1).

$$V_{esd} = A \times h_e \quad (1)$$

h_e = chuva excedente (mm);

A = representa a área de drenagem.

A estimativa da chuva excedente pode ser realizada a partir de diferentes abordagens. Neste trabalho é utilizado o método *Soil Conservation Service* desenvolvido em 1973 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), atualmente Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS). Conforme Sartori (2004), o SCS possibilita a estimativa da parcela da precipitação que resulta no escoamento superficial e, inclusive, seu volume e distribuição no tempo. Cabe destacar que o método SCS considera aspectos como o tipo do solo, sua ocupação, o volume precipitado e umidade antecedente.

O método SCS utilizado neste trabalho foi descrito pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999), que possui uma adaptação proposta por Setzer e Porto (1979) para os solos do estado de São Paulo. No entanto, esta adaptação é suficientemente abrangente para ser aplicada em solos de outros estados (FCTH, 1999).

Para a determinação da chuva excedente (h_e), foi utilizada a Equação (2).

$$h_e = \frac{(h - 0,2 S)^2}{h + 0,8 S} \quad (2)$$

h_e = chuva excedente (mm);

h = chuva acumulada (mm);

S = retenção potencial do solo (mm).

No que concerne a Equação (2), é importante salientar que a chuva acumulada deve ser superior a $0,2 S$, que, por sua vez, representa a quantidade estimada de perdas iniciais.

O parâmetro S está relacionado com o tipo e ocupação do solo e seu cálculo é realizado por meio da Equação (3).

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

CN é denominado número da curva ou *curve number* com um intervalo variando entre 0 e 100.

Para a determinação do parâmetro CN devem ser considerados: o tipo do solo; as condições de uso e ocupação do solo e a umidade antecedente. No caso de uma bacia heterogênea, o cálculo do CN pode ser realizado considerando uma média ponderada, conforme Equação (4).

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4)$$

A_i = área com determinada característica;

CN_i = respectivo número da curva de A_i .

Em relação ao tipo de solo, existem quatro grupos, cujas características estão no Quadro 1. Já a classificação das condições de umidade é mostrada no Quadro 2.

Tipos de solo	Características
Grupo A	Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a uns 8%, não há rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.
Grupo B	Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas este limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras nem camadas argilosas até 1,5m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.
Grupo C	Solos barrentos (teor total de argila de 20 a 30%), sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2 m. No caso de terras roxas, estes dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Nota-se, a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B mas ainda longe das condições de impermeabilidade.
Grupo D	Solos argilosos (30 - 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados.

Quadro 1 - Grupo de solos e características do solo.

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

Condições de umidade	Características
Condição I	Solos secos - as chuvas nos últimos 5 dias não ultrapassaram 15mm.
Condição II	Situação média na época de cheias - as chuvas nos últimos 5 dias totalizaram entre 15 e 40mm.
Condição III	Solo úmido (próximo da saturação) - as chuvas nos últimos 5 dias foram superiores a 40mm e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

Quadro 2 - Condições de umidade.

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

Por fim, deve ser considerada ainda a condição de cobertura do solo de acordo com as características da superfície. Diante de tantos parâmetros, para facilitar as análises geralmente CN é determinado por meio de tabelas que correlacionam o tipo de solo, com a classe de umidade e a cobertura do solo. Na Tabela 1 estão apresentados os valores de CN para a condição II de umidade.

Tipo de uso do solo / Tratamento		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Condições hidrológicas					
Usos Residenciais					
Tamanho médio do lote	% Impermeável				
Até 500 m ²	65	77	85	90	92
1000 m ²	38	61	75	83	87
1500 m ²	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas:					
pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
com cascalho		76	85	89	91
de terra		72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)		81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins:					
boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
condições médias, cobertura de grama > 50%		49	69	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto:					
plantio em linha reta		77	86	91	94
Culturas em fileira:					
linha reta	condições ruins	72	81	88	91
	condições boas	67	78	85	89
curva de nível	condições ruins	70	79	84	88
	condições boas	65	75	82	86
Cultura de grãos:					
linha reta	condições ruins	65	76	84	88
	condições boas	63	75	83	87
curva de nível	condições ruins	63	74	82	85
	condições boas	61	73	81	84
Pasto:					
s/ curva de nível	condições ruins	68	79	86	89
	condições médias	49	69	79	84
	condições boas	39	61	74	80
curva de nível	condições ruins	47	67	81	88

Tipo de uso do solo / Tratamento	Condições hidrológicas	Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
	condições médias	25	59	75	83
	condições boas	6	35	70	79
Campos:					
	condições boas	30	58	71	78
Florestas:					
	condições ruins	45	66	77	83
	condições boas	36	60	73	79
	condições médias	25	55	70	77

Tabela 1 - Valores de CN em função da cobertura e do tipo de solo (Condição II de umidade).

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

No caso de uma situação com condição de umidade I ou III, pode ser utilizada a Tabela 2 para a conversão de CN a partir do valor encontrado com a condição de umidade II.

Condições de umidade		
I	II	III
100	100	100
87	95	99
78	90	98
70	85	97
63	80	94
57	75	91
51	70	87
45	65	83
40	60	79
35	55	75
31	50	70
27	45	65
23	40	60
19	35	55
15	30	50

Tabela 2 - Dados para conversão de CN para as diferentes condições de umidade do solo.

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

2.3 Cenários estudados

Para a análise da influência da urbanização e seus efeitos no volume de escoamento

superficial, foram considerados três cenários cronológicos em relação ao desenvolvimento urbano da bacia: i) Cenário 1: a área total do bairro antes da urbanização (cerrado); ii) Cenário 2: as condições atuais de urbanização; iii) Cenário 3: uma situação futura de completa urbanização do bairro conforme o permitido pelo Plano Diretor vigente no município de Catalão disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Catalão (2016).

No Cenário 1 (Figura 4), a bacia foi analisada considerando a situação antes da urbanização sem nenhuma interferência antrópica. Vale destacar que o município de Catalão possui características do bioma Cerrado, tais como: solos heteromórficos, argilosos e com particularidade de solos orgânicos, além de fauna bastante diversificada em todo território (FERREIRA, 2005).

Já o Cenário 2 (Figura 5) corresponde a atual situação de uso e ocupação, conforme a Figura 5. São consideradas as seguintes parcelas: 1) Área Residencial (AR-C2), incluindo os Bairros Evelina Nour I e II, além de uma área adicional com residências existente na parte superior da bacia; 2) Área Permeável (AP-C2); 3) Área de Preservação Permanente (APP-C2), próximo a nascente. É obrigatória a permeabilidade mínima de 20% para AR-C2.

Por fim, o Cenário 3 (Figura 6) representa a situação futura em que a expansão urbana da área estudada alcança o limite máximo permitido pelas leis vigentes no Plano Diretor de Catalão. As parcelas de interesse são: 1) Área Residencial (AR-C3), incluindo os Bairros Evelina Nour I e II; 2) Zona Urbana de Usos Diversos 1 (ZUD-1), de uso misto com predominância residencial; 3) Zona Urbana de Usos Diversos 4 (ZUD-4), de uso misto com predominância comercial; 4) Zona Urbana de Proteção de Manancial (ZUPM), com predominância de uso residencial; e 5) Área de Preservação Permanente (APP-C3). Cabe destacar que existe a obrigatoriedade de permeabilidade mínima de 20% para AR-C3, ZUD-1, ZUD-4 e ZUPM. Neste caso, fica evidente um aumento considerável no território destinado a áreas residenciais e comerciais (parte urbanizada) e comparação com os Cenários 1 e 2.

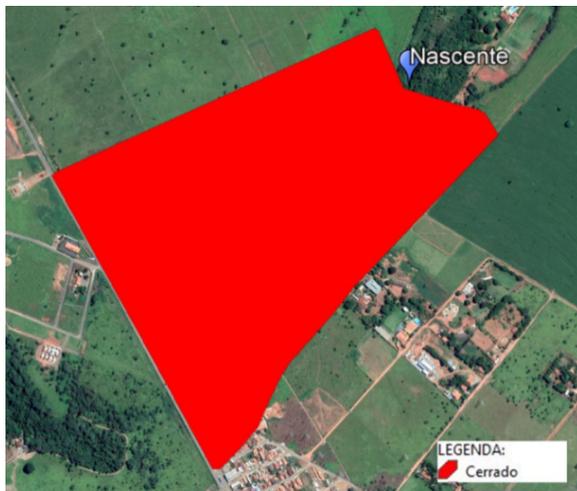


Figura 4. Cenário 1.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2021).

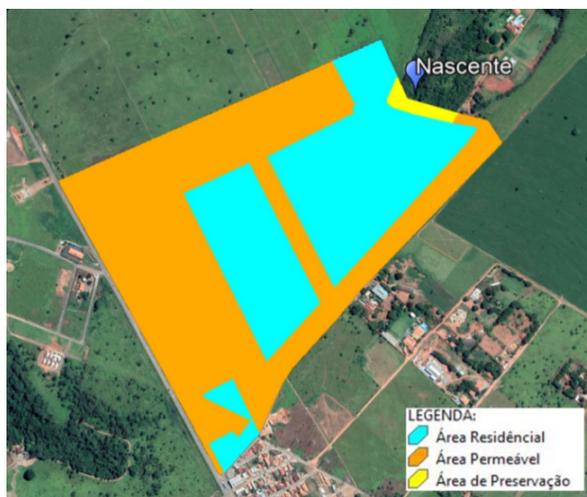


Figura 5. Cenário 2.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2020).

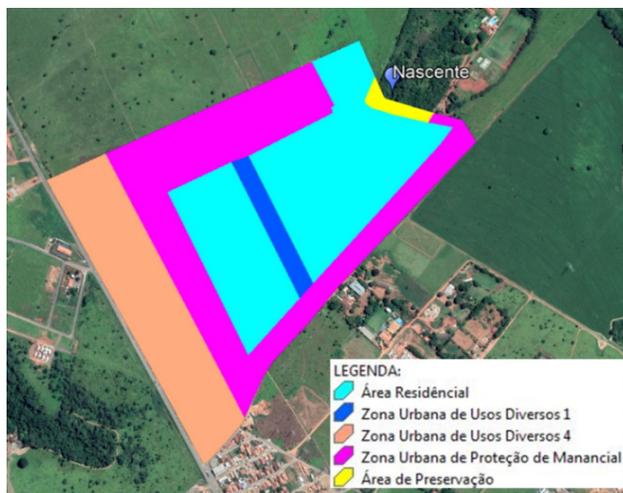


Figura 6. Cenário 3.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2020).

2.4 Condições de umidade e dados de precipitação

Em relação à condição de umidade, foram considerados dois casos a fim de comparar resultados e, assim, promover uma análise mais completa. O primeiro caso foi definido tomando como referência a condição II de umidade, comumente utilizada em projetos de drenagem. Já para o segundo caso foi considerado a condição III de umidade.

Os dados de precipitação de Catalão foram extraídos do ano de 2020 a fim de se encontrar um período com um volume precipitado significativo, mas evitando situações extremas como casos históricos de precipitação elevada. Dessa forma, foram obtidos os dados da Tabela 3 referentes ao dia 22 de janeiro de 2020.

Dia/Mês/Ano	Hora completa do dia	Chuva (mm)
22/01/2020	01	0,00
22/01/2020	02	0,00
22/01/2020	03	0,40
22/01/2020	04	24,60
22/01/2020	05	7,40
22/01/2020	06	7,00
22/01/2020	07	9,60
22/01/2020	08	7,00

Tabela 3 - Hietograma de chuva para Catalão - GO.

Fonte: INMET (2020).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como foram analisadas diferentes condições de umidade, serão apresentados os coeficientes CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição II de umidade. Em seguida, serão mostrados os coeficientes CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição III de umidade mediante utilização dos valores de conversão da Tabela 2. Por fim, são mostrados os resultados do volume de escoamento superficial direto para cada condição de umidade.

Em relação ao tipo de solo, a classe de solo que mais se aproxima das características do município de Catalão consiste na classe C (ver Quadro 1). Isso porque o solo da região apresenta, de maneira generalizada, índices que o identificam como sendo relativamente argiloso, porém não totalmente impermeabilizado.

3.1 CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição II de umidade

Para determinar o valor de CN no Cenário 1, foram considerados os parâmetros referentes ao bioma Campos na Tabela 1, pois não existem informações do bioma cerrado. Os biomas mencionados apresentam semelhanças quanto às características geológicas e geomorfológicas. Dessa forma, neste cenário o solo da área é tipo C e totalmente composto por campos em boas condições, o que resulta em $CN=71$ para a condição II de umidade.

O Cenário 2 apresenta diferentes tipos de cobertura do solo. Os valores correspondentes a cada área contribuinte podem ser vistos na Tabela 4, juntamente com os respectivos valores do parâmetro CN obtidos mediante análise da Tabela 1. No entanto, neste caso são válidas algumas considerações. Na classificação apresentada na Tabela 4, ruas e estradas correspondem a 30% da AR-C2. Já a parcela de uso residencial é formada por 70% da AR-C2. Ainda em relação ao uso residencial, 20% foram considerados como permeáveis, conforme recomendação do Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Catalão (2016). Ou seja, 80% do uso residencial é impermeável. Como a Tabela 1 não contempla essa porcentagem de impermeabilização, neste caso o cálculo de CN foi realizado a partir da extrapolação dos dados existentes conforme o Gráfico 1. A cobertura de solo definida como pasto corresponde a AP-C2, caracterizada por apresentar vegetação rasteira (sem curva de nível e em condições ruins). Por sua vez, a cobertura de campos é utilizada para representar a APP-C2. Portanto, através dos valores de CN para cada situação de cobertura do solo (Tabela 4) foi realizada a ponderação em relação às áreas de acordo com a Equação 4 que resultou em $CN=89,6$.

Cobertura do solo	Área (m²)	CN
Uso residencial	178217	93,9
Ruas e estradas	76379	98
Pasto	348374	86
Campos	7191	71

Tabela 4 - Parâmetros CN para o Cenário 2.

Fonte: Autoria própria (2021).

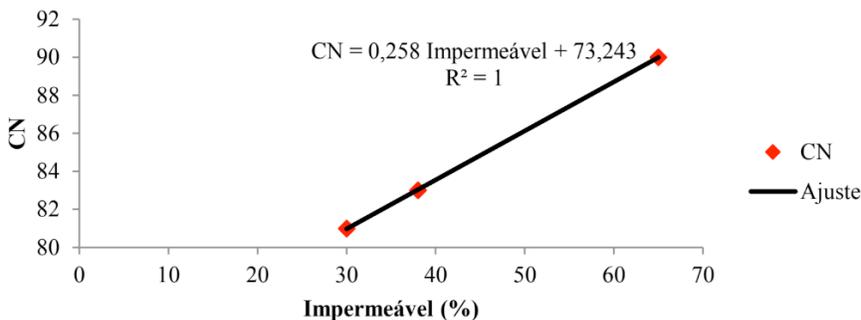


Gráfico 1 - Representação gráfica para o cálculo do CN em áreas residenciais.

Fonte: Autoria própria (2021).

O Cenário 3 também apresenta diferentes tipos de solo. Por meio da Tabela 5 é possível identificar os valores das áreas contribuintes e seus respectivos CN, obtidos a partir da Tabela 1. Vale ressaltar alguns esclarecimentos quanto à avaliação realizada na consideração dos dados fornecidos na Tabela 5. A cobertura definida por ruas e estradas corresponde a 30% da AR-C3, ZUD-1 e ZUPM. O uso residencial é formado por 70% da AR-C3, ZUD-1 e ZUPM. Em relação ao uso residencial, são considerados 20% de áreas permeáveis em cada lote, como estabelecido pelo Plano Diretor. Neste caso, também foi necessária a extrapolação dos dados a partir do Gráfico 1 para obter o coeficiente CN. A cobertura definida como áreas comerciais consiste na ZUD-4 com consideração de 20% de permeabilidade e, conseqüentemente, 80% de impermeabilidade. Como a Tabela 1 não contempla esse valor de impermeabilidade para áreas comerciais, o valor de CN foi estimado de forma proporcional a partir do valor indicado de taxa. Por fim, a cobertura tipo campos é referente a APP-C3. Com os valores de CN para cada situação de cobertura do solo (Tabela 5), foi realizada a ponderação em relação às áreas de acordo com a Equação 4 resultando em CN=93,3.

Cobertura do solo	Área (m²)	CN
Uso residencial	325449	93,9
Ruas e estradas	139478	98
Áreas comerciais	137938	88,5
Cerrado	7191	71

Tabela 5 - Parâmetros CN para o Cenário 3.

Fonte: Autoria própria (2021).

O resumo com os coeficientes CN obtidos para cada situação, considerando a condição II de umidade, é apresentado na Tabela 6. Portanto, conforme resultados obtidos, a urbanização promoveu o aumento sensível do coeficiente CN quando comparado com a situação inicial sem urbanização.

Situação	CN
Cenário 1 - Antes da urbanização	71
Cenário 2 - Atual (urbanização parcial)	89,6
Cenário 3 - Futuro (urbanização completa)	93,3

Tabela 6 - Valores de CN para a condição de umidade II.

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição III de umidade

Os valores de CN encontrados anteriormente correspondem à condição II de umidade, que é comumente empregada para o desenvolvimento de projetos de engenharia. Para a condição III de umidade, foi necessário realizar a conversão dos dados encontrados através da Tabela 2. Os resultados da conversão estão disponibilizados na Tabela 7. Os valores de CN, neste caso, são sensivelmente superiores, indicando uma menor capacidade de absorção de água, o que é perfeitamente plausível devido ao solo estar próximo à saturação.

Situação	CN
Cenário 1 - Antes da urbanização	87,8
Cenário 2 - Atual (Urbanização parcial)	97,9
Cenário 3 - Futuro (Urbanização completa)	98,7

Tabela 7 - Valores de CN para a condição de umidade III.

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3 Volume de escoamento superficial direto para a condição II de umidade

A partir dos dados apresentados foi realizado o cálculo do volume de escoamento superficial direto considerando o método SCS para a condição II de umidade. No Gráfico 2 é apresentada uma análise comparativa do volume de escoamento superficial direto horário para cada situação analisada. No Gráfico 3 é mostrada uma análise comparativa do volume acumulado.

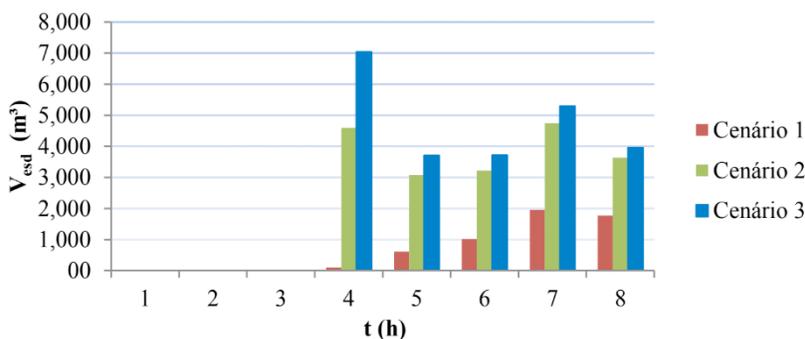


Gráfico 2 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto horário (V_{esd}) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição II de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

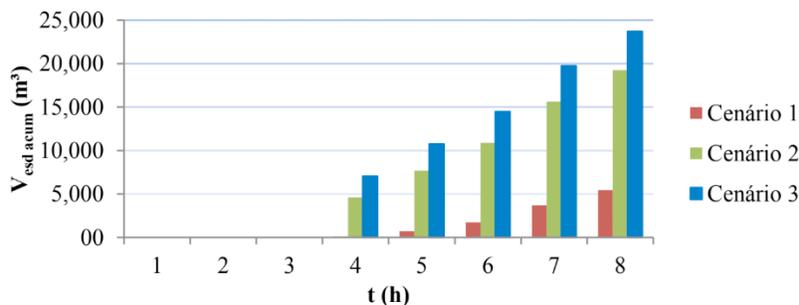


Gráfico 3 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto acumulado ($V_{esd\ acum}$) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição II de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

Por meio dos Gráficos 2 e 3 é possível observar que a urbanização influencia significativamente no volume de escoamento superficial direto da área em estudo. No Cenário 1, pode ser observado que o volume de escoamento acumulado ($V_{esd\ acum} = 5.453,3m^3$) é baixo quando comparado ao volume gerado nos demais casos. Por outro lado, no Cenário 2 o volume de escoamento superficial acumulado ($V_{esd\ acum} = 19.264,1 m^3$) sofreu um aumento considerável, chegando a superar em mais de três vezes o volume gerado no Cenário 1. Conforme Menezes Filho e Costa (2012), Oliveira *et al.* (2015), Targa *et al.*

(2012), e Valle *et al.* (2016), isso está relacionado com o aumento da impermeabilização decorrente da urbanização, que promove a diminuição da capacidade de absorção da água pelo solo. No Cenário 3 o volume de escoamento acumulado ($V_{\text{esd acum}} = 23.706,6 \text{ m}^3$) correspondeu ao maior valor encontrado, o que indica um aumento de 23,06% do volume acumulado em relação ao Cenário 2. O volume acumulado poderia ser ainda maior, pois foram consideradas 20% de área permeável de todos os lotes, o que muitas vezes não é respeitado.

O volume de escoamento direto horário também é importante, principalmente por se tratar de uma área relativamente pequena (menor tempo de concentração). Nas primeiras horas de precipitação, o Cenário 1 possui um volume horário bastante inferior aos demais casos. Também é significativa a diferença entre o Cenário 2 e o Cenário 3 no estágio inicial da precipitação. Por outro lado, num período maior de precipitação, as diferenças entre os cenários diminuem, mas ainda são sensíveis. Esses resultados mostram que a impermeabilização provocada pela urbanização pode antecipar a ocorrência de vazões máximas com a concentração de volumes cada vez maiores num menor espaço de tempo. Nesse sentido, um estudo preliminar desta natureza é de extrema importância, uma vez que permite ao projetista e aos gestores ações no sentido de possibilitar a atenuação dos volumes escoados, bem como leis para garantir a sustentabilidade do sistema como um todo.

Cabe destacar que no exutório existe uma nascente para onde é direcionado todo o volume de água. Conforme Coelho Filho *et al.* (2017), a impermeabilização excessiva atrapalha as áreas de recarga e promove a diminuição da vazão dos cursos de água devido à água que deixa de infiltrar no solo. Isso representa um aspecto negativo, pois pode afetar a capacidade de produção de água da nascente da bacia. De acordo com Tucci (1997), a impermeabilização também promove a redução da qualidade das águas superficiais que, por sua vez, recebem material sólido carreado das superfícies urbanas. Nesse sentido, como verificados por Oliveira *et al.* (2016) e Tasca, Pompêo e Finotti (2018), a urbanização desordenada e/ou um sistema de drenagem inadequado no local podem criar uma situação que facilita o aparecimento e atuação de fatores degradantes, tais como assoreamentos, erosões e conseqüente desequilíbrio hidrológico.

Durante uma visita técnica *in loco* foram observados em alguns pontos do Bairro Evelina Nour II (onde o volume de escoamento é maior devido à contribuição acumulada da área de drenagem acima) a presença de ruas com o asfalto bastante danificado. Muitos dos locais críticos estão localizados no sentido de escoamento principal da água. Conforme informações de moradores, estes lugares sempre apresentam problemas na presença de chuvas de maior intensidade. Logo, possivelmente essa deterioração das ruas é resultado do grande volume de escoamento existente na rua associado a um pavimento asfáltico de qualidade ruim ou até mesmo a uma rede de drenagem subdimensionada. Além disso, devido à topografia a região próxima ao exutório é propícia a inundações no caso de um sistema de drenagem ineficiente, fato que também foi observado por Ártico e Cordeiro

(2014), Santos, Ruffino e Barros Filho (2017) e Silva e Poletto (2015).

3.4 Volume de escoamento superficial direto para a condição III de umidade

No Gráfico 4 está uma análise comparativa dos volumes de escoamento superficial direto horário para os três cenários na condição III de umidade. Já o Gráfico 5 mostra a comparação considerando os valores acumulados.

Na condição III de umidade os volumes de escoamento superficial direto são superiores aos obtidos na condição de II de umidade. Isso é perfeitamente plausível, pois a condição III de umidade considera o solo próximo da saturação, isto é, com uma baixa capacidade de absorção de água. A explicação também é corroborada com as pesquisas de Luiz e Romão (2019), uma vez que eles constataram que em regiões tropicais, durante estações chuvosas, o solo tende a ter elevada umidade ou maior grau de saturação.

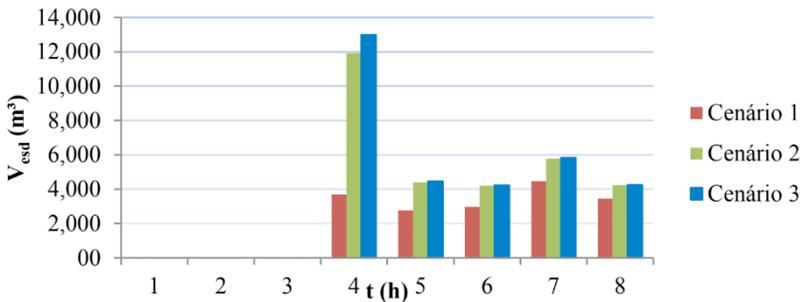


Gráfico 4 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto horário (V_{esp}) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição III de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

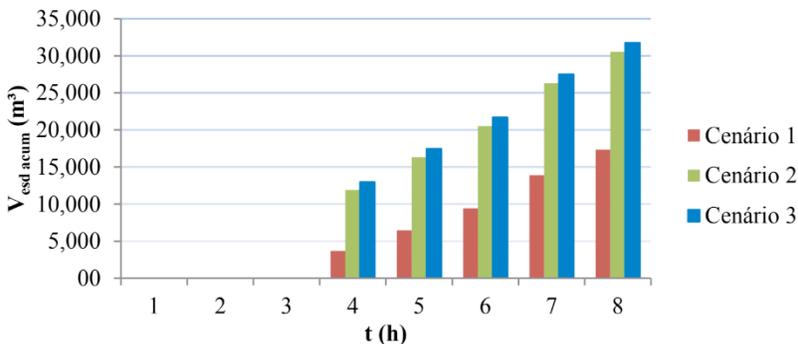


Gráfico 5 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto acumulado ($V_{esp\ acum}$) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição III de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

O Cenário 1 novamente resultou no menor volume de escoamento superficial acumulado ($V_{esp\ acum} = 17.345,5 m^3$). No Cenário 2 ($V_{esp\ acum} = 30.511,9 m^3$) ocorreu um

aumento de aproximadamente 75,9% em relação ao Cenário 1. Por sua vez, no Cenário 3 o volume acumulado foi de 31.764,4 m³, resultando em um aumento de 4,1% em comparação com o Cenário 2. Portanto, as situações com presença da urbanização apresentam valores superiores em relação à situação inicial (sem urbanização), mostrando que a presença de área permeável permite a redução do volume de escoamento superficial mesmo o solo estando saturado. Por outro lado, diferentemente dos resultados com a condição II de umidade, a diferença entre a situação atual e a futura, na condição III, é mínima. Tais resultados evidenciam que na condição III de umidade a situação atual de urbanização apresenta um estágio tendendo ao crítico em relação ao volume de escoamento. Logo, como o solo está encharcado e já possui uma parcela significativa de área impermeável, o percentual de aumento de área de urbanização não foi suficiente para gerar um grande aumento no volume de escoamento.

Em relação ao máximo volume de escoamento superficial horário, o Cenário 1 apresenta um valor bastante inferior às demais situações analisadas. Já os Cenários 2 e 3 apresentam valores próximos, principalmente para um maior período de precipitação. É importante destacar que os valores horários encontrados para a condição III de umidade são sensivelmente superiores aos calculados para a condição II de umidade no estágio inicial de precipitação. Em caso de períodos mais frequentes de chuvas (suficiente para caracterizar a condição III de umidade) fica evidente que o estágio atual de impermeabilização, decorrente da urbanização, da área em estudo, já é capaz de promover volumes escoados superficialmente elevados num curto período de tempo. Neste caso, a área permeável possui sua capacidade de absorção reduzida decorrente da saturação do solo. Na situação futura a urbanização excessiva pode acarretar a geração de vazões de pico ainda maiores. Desse modo, problemas análogos aos mencionados na discussão da condição II de umidade, podem ocorrer com maior magnitude devido aos maiores volumes de escoamento. Diante disso, o aumento das vazões de pico com grandes volumes juntamente com um sistema de drenagem ineficiente podem causar impactos ambientais e, conseqüentemente, comprometer a nascente, o que vai contra todos os princípios da preservação ambiental.

Vale destacar o fato do cenário atual, considerando a condição III de umidade, já resultar em grandes volumes, o que pode ser o fator preponderante para os problemas mencionados nas ruas do bairro Evelina Nour II. Nesse sentido, além de um sistema de drenagem eficiente, é uma alternativa atraente aproveitar a área de expansão para possibilitar zonas de recargas, com implantação de áreas vegetadas, para a redução dos volumes de escoamento.

4 | CONCLUSÕES

De modo geral, os resultados apresentados mostram que o solo na condição natural

apresenta uma capacidade significativa de absorver o volume precipitado, culminando com um menor volume de escoamento superficial direto. Já a urbanização promove a impermeabilização da superfície do solo e, conseqüentemente, o aumento considerável do volume de escoamento superficial direto.

É importante destacar que a condição de umidade do solo influencia muito nos resultados. Para menores índices de precipitação, em que o solo não está saturado, a parte do solo não impermeabilizada apresenta uma boa capacidade de absorver o volume de água precipitado. Desse modo, existe uma diferença sensível entre o volume escoado comparando a condição atual de urbanização e a condição futura de máxima urbanização. Por outro lado, no caso do solo próximo da saturação a capacidade de absorção do volume precipitado é muito baixa e as áreas com superfície permeável se comportam como áreas impermeáveis, promovendo o incremento de escoamento superficial. Isso justifica a menor diferença do escoamento superficial direto entre as situações atual e futura de máxima urbanização.

Os efeitos da urbanização excessiva e/ou de forma desordenada podem gerar diminuição da vazão média nos cursos de água, vazões de pico elevadas pela diminuição do tempo de concentração, assoreamento do corpo receptor e processos erosivos, entre outras conseqüências. Neste caso, existe uma preocupação especial com a nascente existente próximo ao exutório. Portanto, é recomendada a adoção de um planejamento bem elaborado de modo a propiciar a urbanização forma racional e sustentável. A partir desse estudo, podem ser tomadas medidas relacionadas com a criação de locais para infiltração como mais praças e parques com áreas permeáveis e a implantação de bacias de infiltração, retenção e detenção e/ou adoção de pavimentos permeáveis.

Por fim, a elaboração de projetos de drenagem consistentes, incluindo planos para manutenção, é imprescindível para evitar problemas futuros. Inclusive, também é recomendado usar a condição III de umidade nos estudos relacionados com a rede drenagem. Outro ponto importante consiste na atuação das autoridades municipais no sentido de garantir o cumprimento das taxas mínimas de permeabilidade estabelecidas no Plano Diretor. Isso inclui o estabelecimento de leis mais severas, adequada fiscalização e campanhas de conscientização da população.

REFERÊNCIAS

ÁRTICO, B. C.; CORDEIRO, J. S. O estudo de áreas vulneráveis a enchentes: O caso de São José do Rio Preto – SP. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2014.

COELHO FILHO, J. A. P.; CARDOSO, A. T.; SOUZA, D. N.; MAGALHÃES, L. F. Análise quantitativa dos efeitos da urbanização sobre a infiltração e o escoamento superficial na cidade de Goiânia-GO. In: **XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 2017, Florianópolis, Brasil.

FCTH - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. 1999. 289p. São Paulo.

FERNANDES, R. V. C. **Programa de revegetação na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia em Catalão (GO): Diagnóstico 2003 – 2015**. 2017. 177p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Goiás. Catalão.

FERREIRA, I. M. Bioma Cerrado: Caracterização do Subsistema de Vereda. In: **IX EREGEO – Encontro Regional de Geografia. Novas territorialidades – integração e redefinição regional**, 2005, Porto Nacional, Brasil.

FERREIRA, J. S. W. Globalização e urbanização subdesenvolvida. **São Paulo em Perspectiva**, v. 4, n. 4, p. 10-20, 2000.

GOOGLE EARTH. Software de visualização de imagens de satélite. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/catalao.html>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Automáticas**. Consulta de dados da Estação Automática para a cidade de Catalão-GO. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTazNA==>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

LUIZ, G. C.; ROMÃO, P. A. Interação solo-atmosfera e processos de inundação e alagamento na cidade de Goiânia – GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 5, p. 1891-1903, 2019.

MENEZES FILHO, F. C. M.; COSTA, A. R. Verificação do dimensionamento das galerias de águas pluviais em uma sub-bacia do Córrego Botafogo na cidade de Goiânia – GO. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 4, p. 1-11, 2012.

MORAIS, L. S. de.; SILVA, P. B.; QUIRINO, G. H. A.; MELO, M. T. da S. Ensaio indiretos na avaliação do potencial de erodibilidade de solos. In: **XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, 2014, Goiânia, Brasil.

MOSCA, A. A. de O. **Diagnósticos sócio-ambiental da bacia do Ribeirão Samambaia: Catalão (GO)**. 2004. 153p. Monografia (Bacharelado em Geografia), Universidade Federal de Goiás. Catalão.

MUÑOZ-ROBLES, C.; REID, N.; TIGHE, M.; BRIGGS, S. V.; WILSON, B. Soil hydrological and erosional responses in patches and inter-patches in vegetation states in semiarid Australia. **Geoderma**, v. 160, p. 524–534, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; ARANTES, Q. C.; OLIVEIRA, J. A. de.; PEREIRA, T. S. R.; FORMIGA, K. T. M. Determinação do limite da faixa de inundação com uso do HEC – RAS para o parque linear do Córrego Macambira em Goiânia, Goiás. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 1, p. 56– 66, 2016.

OLIVEIRA, T. H.; SILVA, J. E.; SANTOS, M. O.; OLIVEIRA, J. S. S.; GALVÍNIO, J. D. Evolução espaço-temporal da drenagem superficial e do processo de impermeabilização em Santo Amaro, Recife – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1571-1587, 2015.

PORTO, K. G. **Consequências do uso do solo nas áreas de vegetação ciliar sobre a qualidade da água do Ribeirão Samambaia, Catalão (GO)**. 2012. 241p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás - Campus Avançado de Catalão, Catalão.

PORTO, R. L. L. Escoamento Superficial Direto. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. M. (Org.). **DRENAGEM URBANA**. SÃO PAULO: ABRH, 1995, p. 107-165.

PREFEITURA MUNICIPIAL DE CATALÃO. (Câmara de Vereadores). **Lei Complementar Nº 3.439, de 08 de dezembro de 2016**. Institui o Plano Diretor de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Sustentável de Catalão, que dispõe sobre plano de parcelamento, uso e ocupação do solo, instrumentos urbanísticos e sistema de gestão. Catalão: Câmara Municipal de Catalão, 2016.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 1571-1587, 2017.

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. 2004. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

SETZER, J; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. São Paulo, 1979. **Boletim Técnico DAEE**, v.2, n.2, p. 81-104.

SILVA, K. C.; POLETO, C. Mapeamento dos bairros suscetíveis à inundações no município de Jaú – SP. **Revista Tecnológica**, v. 24, n. 1, p. 95-104, 2015.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. N.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 2, 2012.

TASCA, F. A.; POMPÊO, C. A.; FINOTTI, A. R. Evolução da gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do Rio Itajaí Açu. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 2, p. 264-283, 2018.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Ciência e cultura**, v. 55, n.4, p. 36-37, 2003.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

VALLE, R. A.; POMPEU, C. R.; RICCIARDI, R. L. G. F.; OKAWA, C. M. P.; MARTINS, D. N.; PAREDES, E. A. Uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão Maringá – Maringá – PR: Análise da expansão urbana por meio do SIG. **Revista Tecnológica**, v. 25, n. 1, p. 47-56, 2016.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 05/05/2021

Aline da Silva de Moraes

Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Engenharia
Porto - Portugal.
<https://orcid.org/0000-0002-7455-2698>

RESUMO: O presente artigo apresenta um estudo acerca de duas praças urbanas no município de São João de Meriti, as praças Alfredo Fernandes de Lima e Ciro da Silva Pinheiro, e a sua manutenção pelo poder público. As praças são espaços de lazer, cultura e socialização. É por meio dos espaços públicos de lazer, que muitas famílias buscam a qualidade de vida e a relação entre seus pares. Uma praça é muito importante para uma sociedade. Diante disso que surgiu o seguinte questionamento: Quais são os custos da manutenção de uma praça pública para um município? E tem como objetivo analisar qual é o custo da manutenção das praças do município de São João de Meriti. Como metodologia, utilizou-se a pesquisa bibliográfica e os resultados evidenciaram um custo de manutenção anual de baixo custo e possibilidades de melhorias que possam corroborar com o lazer da sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Praças Urbanas; Manutenção; Matriz de Significância.

URBAN SQUARES IN THE MUNICIPALITY OF SÃO JOÃO DE MERITI: AN ANALYSIS OF THE MAINTENANCE OF THE SQUARES

ABSTRACT: This article presents a study about two urban squares in the municipality of São João de Meriti, Alfredo Fernandes de Lima and Ciro da Silva Pinheiro squares, and their maintenance by the government. The squares are spaces for leisure, culture and socialization. It is through public leisure spaces that many families seek quality of life and the relationship between their peers. A square is very important for a society. In view of this, the following question arose: What are the costs of maintaining a public square for a municipality? And it aims to analyze what is the cost of maintaining the squares in the municipality of São João de Meriti. As a methodology, bibliographic research was used and the results showed a low-cost annual maintenance cost and possibilities for improvements that can corroborate society's leisure.

KEYWORDS: Urban squares; Maintenance; Significance Matrix.

1 | INTRODUÇÃO

Ao inferir sobre a temática “praças públicas” logo surge a sua importância para a sociedade, e é diante dessa importância que surgiu o estudo sobre as praças urbanas no município de São João de Meriti, cidade localizada na Baixada Fluminense e que possui de acordo com o último censo do IBGE em 2020, 472.906 habitantes.

Os espaços livres existentes nas cidades e marcados pelas aglomerações humanas estavam, em geral, relacionados à existência de mercados populares (comércio) ou ao entorno de igrejas e catedrais (CASTRO & CASTRO, 2015). No Brasil, especialmente as praças expressam o surgimento e desenvolvimento de inúmeras cidades (FREITAS et al, 2015).

Mendonça (2007) diferencia as praças urbanas dos demais espaços livres públicos, apresentando a seguinte definição: “Praças são espaços livres públicos, com função de convívio social, inseridos na malha urbana como elemento organizador da circulação e de amenização pública, com área equivalente à da quadra, geralmente contendo expressiva cobertura vegetal, mobiliário lúdico, canteiros e bancos”.

Em um contexto mais contemporâneo, as praças passaram englobar o “lazer ativo”, que priorizava a implantação de quadras esportivas, playgrounds e pistas de caminhada. As praças do município de São João de Meriti se enquadram nestas características, e como são objetos de constantes processos licitatórios, a investigação visou analisar a documentação técnica de obras concluídas e de uma implantação totalmente nova.

1.1 Características das Praças estudadas

As praças selecionadas para o desenvolvimento do trabalho são: a Praça Alfredo Fernandes de Lima e a Praça Ciro da Silva Pinheiro. Estas foram inauguradas no ano de 2017 e o projeto propôs objetivos diferentes para cada espaço, a primeira oferece uma área de convivência mais elaborada e a construção de 01 (uma) quadra poliesportiva e a segunda praça tem caráter mais esportivo com execução de 02 (duas) quadras.

Em uma análise inicial foi identificado, que a construção de uma praça pode ser destacada em duas áreas: Área da Quadra Poliesportiva e Área de Convivência. E os serviços que são básicos na construção de cada área. Além disso, foi adotado como premissa, que todas as quadras analisadas tivessem o mesmo tipo de pavimentação, o piso de concreto, visando comparar os dados.

Com o intuito de analisar o que foi proposto no processo contratual e identificar o estado de conservação das praças foi realizada uma vistoria técnica nas unidades de lazer 16 (dezesesseis) meses após a revitalização.

1.1.1 Característica da Área das Quadras Poliesportivas

Uma vez identificado os serviços relevantes, estes serão analisados quanto o custo de manutenção. Os serviços comuns para execução de uma quadra são: fechamento lateral, pavimentação e fornecimento dos acessórios esportivos.

Na Figura 1 a, o fechamento lateral da amostra Alfredo Fernandes Lima foi executado com uma mureta até a altura que permita um espectador sentado assistir ao jogo, evitando a constante depredação da estrutura metálica do alambrado e protegendo a base da estrutura do processo de corrosão em contato com água das chuvas. Enquanto,

na segunda amostra **Ciro da Silva Pinheiro**, Figura 1 b, o fechamento foi todo executado em estrutura metálica.



Figura 1 – Quadras Poliesportivas das amostras: (a) Praça Alfredo Fernandes Lima (b) Praça **Ciro da Silva Pinheiro**.

Fonte: Autora, 2018.

Na vistoria foi possível observar que os pisos de concreto estão em bom estado de conservação, mas comparando as pinturas das duas unidades, se observa uma diferença na qualidade do material de pintura ou da técnica adotada no piso da quadra da praça Alfredo Fernandes de Lima. E os acessórios esportivos se encontram bastante depredados.

1.1.2 Característica da Área de Convivência

Toda área envoltória a área da quadra corresponde a área de convivência. Os serviços para execução da área de convivência são: bases e seus respectivos pavimentos, mobiliários e paisagismo. Dependendo do recurso financeiro, o projeto pode propor para este ambiente os tradicionais brinquedos infantis, mesa de jogos e academia de ginástica da terceira idade, mas também elementos construtivos extras, com o intuito de valorizar o espaço. A amostra Alfredo Fernandes Lima está situada em uma via de grande circulação no município, logo o projeto priorizou o espaço de convivência, com construção de várias muretas com assentos de madeira, jardineiras, pergolado e tratamento paisagístico, que diferencia esta praça das demais unidades de lazer, conforme apresentado na Figura 2 a e 2 b.



Figura 2 – Área de Convivência da Praça Alfredo Fernandes Lima: (a) Pergolado e Jardineiras
(b) Espaço Infantil.

Fonte: Autora, 2018.

As áreas de convivência apresentam grandes áreas de pavimentação em piso intertravado, como visto na Figura 2 a e Figura 3 a. Este piso é composto por peças de concreto, assentado sobre camadas de areia e travadas entre si por contenção lateral. (ABCP, 2010). No caso de reparo, as peças de concreto podem ser reutilizadas tornando o pavimento mais econômico, sem marcas visíveis de reparo e facilita a drenagem da área.

A pavimentação de carpete também é muito executada em espaços infantis e academia de ginástica, conforme apresentado nas amostras Figura 2 b e Figura 3 b. Todavia, este tipo de material necessita de manutenção constante.



Figura 3 – Área de Convivência da Praça Ciro da Silva Pinheiro: (a) Jogos de Mesa
(b) Academia de Ginástica.

Fonte: Autora, 2018.

Na segunda amostra, já foi proposto a pavimentação em saibro no playground, e os cuidados com este tipo de pavimento são: limpeza diária, substituição periódica do saibro e ambientes cercados, visando evitar o acesso de animais. No espaço infantil, a diversidade dos tipos de materiais fornecidos teve impacto no custo e não agregou ao ambiente um equipamento com mais benefícios, além de dificultar o trabalho da equipe de conservação. Os equipamentos de ginástica necessitam de reposição de peças. E no item de paisagismo foram especificados plantios de árvores, gramados e arbustos na primeira

amostra, enquanto na segunda praça os espaços não apresentam áreas de sombra, o que não proporciona conforto aos usuários.

2 | OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo analisar como ocorre a manutenção das praças do município de São João de Meriti. E para responder a esse questionamento, utilizou-se como metodologia a pesquisa bibliográfica, com base no estudo de caso que envolve duas praças do município. Para além do referencial teórico, o artigo traz a análise das normativas, bem como a matriz de significância e a discussão dos resultados que apresentam também, o custo da manutenção das praças que fazem a diferença para o orçamento do poder público.

3 | METODOLOGIA

Pode se dizer, que as normativas brasileiras com tema manutenção e reforma são recentes e voltadas para as obras civis de edificação, portanto as orientações foram pontualmente destacadas e adequadas ao tipo de obra pública estudada. Para essa investigação foram seguidas como metodologia as etapas apresentadas na Figura 4, visando identificar os serviços preventivos deste tipo de obra e determinar a periodicidade do serviço de manutenção e seu custo.



Figura 4 – Etapas da Investigação.

Fonte: Autora, 2021.

3.1 Diretrizes de Inspeção Técnica

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia da cidade de São Paulo identificou a necessidade de desenvolver um documento, que descrevesse de forma mais abrangente, a verificação das condições dos equipamentos e áreas de lazer. O manual de Inspeção Predial - Equipamentos e Espaços de Lazer detalha diretrizes para inspeção destes espaços e considera que as etapas apresentadas são aplicáveis ao estudo: a) Levantamento de dados e documentação das unidades; b) Entrevista com gestor para averiguação das informações e histórico de reformas, manutenção e demais intervenções; c) Realização de vistoria técnica; d) Levantamento dos serviços; e) Elaboração de lista de prioridade; f) Elaboração do custo de manutenção. (IBAPE/SP, 2015, p.13-14)

Diante o exposto, desconsiderou as etapas referentes a classificação de anomalias construtivas e acrescentou a etapa de elaboração do custo da manutenção, visando atingir o objetivo da pesquisa e por se tratar de obras civis de pequeno porte e sem necessidade de avaliação de profissionais de diversas especialidades.

3.2 Análise das Normativas

A ABNT não possuiu uma normativa específica para manutenção de Praças Urbanas e seus respectivos mobiliários. Nesse liame, foram analisadas as normativas NBR 5674 (1999) – Manutenção de Edificações, NBR 16071 (2012) Playgrounds e a Norma de Inspeções Prediais do IBAPE/SP (2015).

A NBR 5674 (ABNT, 1999) define manutenção como o conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.

O dossiê técnico 16071 (ABNT, 2012) aplica-se aos equipamentos para uso em áreas de lazer públicas e estabelece os requisitos mínimos de segurança destes equipamentos. Com a orientação da normativa foi possível identificar a periodicidade adequada para os equipamentos e estes serviços representam a manutenção preventiva e anual.

Na manutenção de rotina, as medidas preventivas devem ser executadas com o objetivo de manter a qualidade e segurança dos equipamentos, sendo: ajustes das peças, tratamento das superfícies, lubrificação das peças móveis, manutenção de limpeza e dos espaços livres.

A norma de playgrounds (ABNT, 2012) observa que as inspeções dos equipamentos e componentes devem seguir as instruções do fabricante, respeitando sua periodicidade. Enquanto o manual do IBAPE (IBAPE/SP, 2015) ainda recomenda um informativo na área do equipamento com a indicação do limite de idade, altura e peso do usuário para cada equipamento.

A normativa indica realização de 03 (três) tipos de inspeção, com objetivos específicos e intervalo de tempos distintos: inspeção visual de rotina com frequência diária para áreas afetadas por atos de vandalismo ou muito frequentadas, inspecionando a limpeza, falta de componentes, desgaste excessivo do equipamento, integridade estrutural e distância livre entre solo e equipamento. Para a inspeção funcional periódica o intervalo recomendado é de um a três meses, vistoriando os itens da inspeção de rotina e em especial para integridade estrutural. E na inspeção principal anual verifica o nível de segurança geral dos equipamentos, pavimentações e demais superfícies. Recomenda-se que a vistoria seja realizada pelos fabricantes ou profissionais tecnicamente qualificados. Se constatado que o equipamento apresenta deterioração importante o mesmo deve ser reparado imediatamente ou removido do local (ABNT, 2012).

No estudo de caso, foi adotado a mesma frequência da inspeção periódica, a cada 03 (três) meses, para os equipamentos de ginástica e os playgrounds de madeira do

espaço infantil. Assim como, a limpeza periódica e substituição anual do saibro melhorado da recreação. Estes custos de conservação representam a manutenção preventiva para um ciclo de 01 (um) ano e são referentes à área de convivência.

Em vistorias técnicas diversas, observou-se que o fechamento lateral da quadra poliesportiva apresenta desgastes no revestimento de PVC e pontos de corrosão na estrutura em um ciclo próximo de 08 (oito) anos, sendo necessária, a substituição total da tela. E aproveitando o momento para executar o tratamento de proteção da estrutura metálica. Definindo assim, os serviços da área da quadra e o seu ciclo de manutenção.

Em resumo, a investigação identificou os serviços mínimos que devem ser executados, de acordo com a periodicidade aconselhada nas normativas e vistorias técnicas realizadas, foi definido o intervalo de tempo para tratamento preventivo e corretivo deste tipo de obra comum no município, exposto na Tabela 1.

<i>Tempo/ Atividade</i>	<i>Manutenção Preventiva</i>	<i>Manutenção Corretiva</i>
<i>Periodicidade</i>	1 ano	8 anos
<i>Ambientes</i>	Área de Convivência	Área da Quadra Poliesportiva
<i>Serviços</i>	Limpeza, ajustes de peças e tratamento de superfícies dos equipamentos	Substituição da tela de fechamento lateral
	Tratamento das superfícies de madeira	Repintura da estrutura do alambrado

Tabela 1 – Periodicidade Aconselhada para as Manutenções.

Fonte: Autora, 2019.

3.3 Matriz de Significância

Os serviços que correspondem à manutenção corretiva são variáveis, ocorreram ao longo dos anos e serão consertados, de acordo com o grau de prioridade avaliado pela matriz de significância, ou seja, ao listar os serviços da manutenção, surge a necessidade de criar uma classificação quanto à significância destes serviços, elaborando assim um critério para a realização das atividades que permita alocar os recursos nos tópicos considerados mais importantes em um determinado período.

A matriz GUT é uma técnica de gestão de projetos que consiste em listar uma série de atividades a realizar e atribuir os graus quanto à gravidade, urgência e tendência (SOTILLE, 2014). Foram avaliados os campos de análise: gravidade (G), urgência (U) e tendência (T), considerando uma escala de um para os menores valores e cinco para os maiores. A multiplicação dos aspectos é o resultado da matriz GUT. Onde: gravidade representa a intensidade do dano que o problema pode causar se não se atuar sobre

ele; a urgência é definida pelo tempo que existe para executar o serviço e a tendência corresponde ao padrão ou tendência de evolução da situação, conforme apresentado na Tabela 2.

<i>Escala</i>	<i>Gravidade</i>	<i>Urgência</i>	<i>Tendência</i>	<i>Matriz GUT</i>
	(G)	(U)	(T)	
1	Sem gravidade	Pode Esperar	Não irá mudar	= G x T x U
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo	
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar	
4	Muito Grave	É urgente	Irá piorar em pouco tempo	
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente	

Tabela 2 – Matriz GUT.

Fonte: Autora, 2019.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Faixas Limites da Matriz GUT

Com base na vistoria técnica e relatório fotográfico foram identificados os serviços que necessitam de reparo e atribuído os graus quanto à gravidade, urgência e tendência. O resultado da matriz GUT evidenciou claramente a prioridade dos serviços. Outro ponto importante foi à variação da pontuação entres os serviços da área de convivência e área da quadra poliesportiva, devido às exigências em relação a inspeções mais rotineira nos equipamentos, por consequência o estudo apresenta a análise da matriz por faixas limites e estes agruparam os serviços de cada tipo de manutenção, de acordo com a tabela 3.

<i>Escopos</i>	<i>Limites</i>	<i>Observações</i>
<i>Área da Quadra Poliesportiva</i>	GUT ≥ 10	Manutenção Corretiva
	GUT < 10	Serviços com pontuação 2 no campo de análise “urgência” deve ser avaliado, quanto a limitação do uso.
<i>Área de Convivência</i>	GUT ≥ 10	Manutenção Corretiva
	5 ≤ GUT < 10	Manutenção Preventiva
	GUT < 5	Reavaliar na próxima inspeção

Tabela 3 – Faixas Limites da Matriz GUT das Amostras.

Fonte: Autora, 2019.

4.2 Custos da Manutenção

As amostras necessitam da manutenção preventiva e reparos pontuais corretivos. Os serviços que se enquadram nas faixas limites de manutenção foram orçados e representam um custo de reparo em torno de R\$ 30.000,00 (trinta mil Reais) para cada amostra, considerando atualização de preço pelo índice INCC, fevereiro de 2021. Nas planilhas foi aplicado o benefício e despesas indiretas de aproximadamente 22% (vinte e dois por cento), conforme índices mínimos estabelecidos no acórdão 2622/2013, divulgado pelo Tribunal de Contas da União (TCU, 2013). E o percentual de administração de 5% (cinco por cento), de acordo com percentual adotado no município.

Destacando este custo em percentuais, o projeto da primeira unidade que priorizou a área de convivência obteve maior custo de manutenção neste ambiente. Enquanto, na segunda unidade com duas quadras poliesportivas teve praticamente o mesmo percentual para seus ambientes, conforme percentuais apresentados na Figura 5.

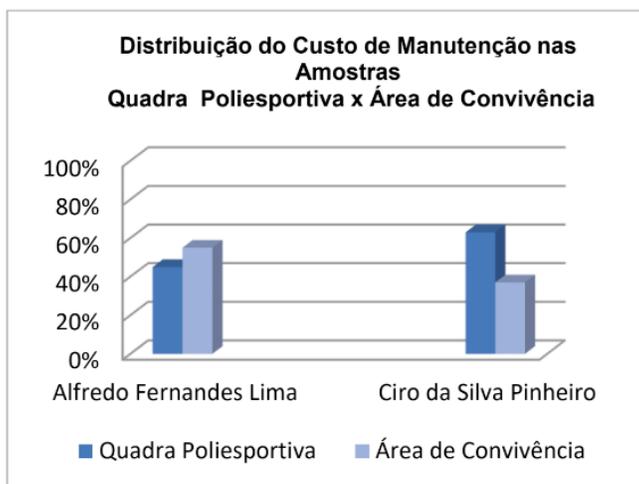


Figura 5 – Distribuição do Custo de Manutenção nas Amostras.

Fonte: Autora, 2019.

Comparando os dados, foi muito assertivo, o tipo de fechamento lateral adotado na Praça Alfredo Fernandes Lima, pois neste intervalo de tempo, este item que representa um serviço de relevância na construção da quadra foi nulo na manutenção. Enquanto na amostra da Ciro da Silva Pinheiro, a estrutura metálica executada em todo pé-direito precisou de recuperação parcial, e representou um custo significativo na manutenção.

O item piso da quadra poliesportiva da primeira unidade, obteve pontuação GUT < 10 e U=2, ou seja, pontuação baixa, mas no campo de análise urgência pontuação 02, sendo necessário avaliar quanto à limitação do uso. Nessa linha, optou-se por uma solução

mais econômica no orçamento de manutenção, refazendo apenas a pintura de demarcação de faixas esportivas da quadra.

Na área de convivência o item que apresentou maior prioridade de reparo foi à substituição do piso de carpete, seguido da manutenção preventiva dos equipamentos e reparos corretivos pontuais. Na Praça Alfredo Fernandes Lima, os elementos extras com acabamento em madeira exigiram bastante manutenção corretiva.

Com base neste mesmo orçamento foi possível detalhar os percentuais referentes à manutenção preventiva e corretiva nas amostras. Na manutenção preventiva, os serviços são o escopo básico da manutenção desta unidade, ou seja, correspondem às atividades rotineiras e se repetiram nas futuras manutenções. A Figura 6 destaca o custo da manutenção por ciclos.

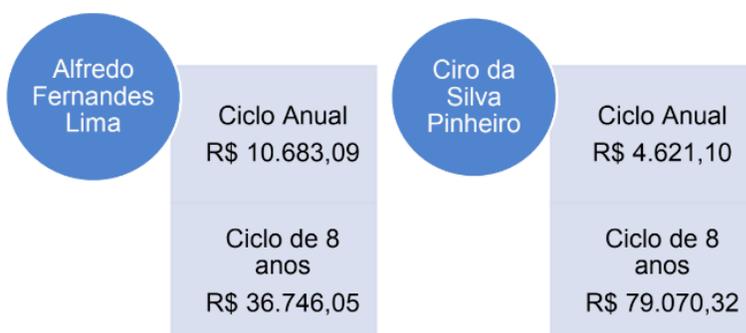


Figura 6 - Custo da Manutenção das Amostras por ciclos – I(1) = fevereiro/21.

Fonte: Autora, 2021.

Os custos da manutenção anual para equipamentos instalados nas amostras são relativamente baixos. Estes serviços dependem muito mais do insumo mão-de-obra do que material. Todavia, se a unidade não tem uma equipe da guarda-municipal presente ou atividades regulares nas unidades, os equipamentos passam a ter reparos corretivos frequentes.

A manutenção do ciclo de 08 (oito) anos contempla a substituição do fechamento lateral da quadra poliesportiva mais o tratamento preventivo dos equipamentos. A elaboração da planilha orçamentária de manutenção por ciclos expõe o quanto é significativo este custo para as despesas municipais. Os projetos com construção de mais de uma quadra devem ser avaliados quanto ao seu aproveitamento, pois comparando as amostras o custo da manutenção da Praça Ciro da Silva Pinheiro é bem elevado e na prática, se observou o pouco aproveitamento do espaço.

Os resultados reforçam o que foi observado nas vistorias e entrevistas, que o município tem dificuldades de realizar estas manutenções e utiliza o recurso federal de

forma recorrente para revitalizar estes espaços de lazer.

5 | CONCLUSÃO

O tipo de intervenções Praça representa um grande volume de trabalho desenvolvido no município de São João de Meriti, por isso, a pesquisa do tema se tornou tão apropriada. Utilizando processos finalizados, buscou entender as características destes projetos e melhorar a qualidade do trabalho desenvolvido na prefeitura.

De posse da documentação completa, as planilhas orçamentárias foram analisadas, com objetivo de elaborar o Custo da Manutenção. Com os resultados obtidos na pesquisa é possível concluir o que se segue:

Os serviços relevantes foram evidenciados, assim como a necessidade de analisar o projeto destacando área da quadra poliesportiva da área de convivência, devido às variações de especificações e o impacto na manutenção.

A pesquisa bibliográfica das normativas vigentes e manuais técnicos; consultas comerciais e inspeções nas unidades de lazer orientaram para identificar a periodicidade da manutenção. Através da aplicação da Matriz GUT, foi possível estabelecer as faixas limites de tratamento preventivo e corretivo, assim como os serviços com prioridade de execução e calcular os respectivos custos de manutenção.

Com o resultado da investigação, identificou que o custo da manutenção anual é relativamente baixo, todavia para se evitar os custos da manutenção corretiva dos equipamentos. E a gestão municipal precisa de uma equipe efetiva para conservação das praças.

O ciclo de 08 (oito) anos é mais oneroso, portanto, é preferível construir praças com equipamentos mais econômicos, mas que seja possível providenciar a sua manutenção, através da previsão de uma verba da manutenção anual.

Propõe como medidas de melhorias: Estabelecer no plano municipal, uma premissa para que todos os bairros tenham a quantidade de espaços de lazer proporcionais a sua área e habitantes. Sendo assim, as novas emendas seriam destinadas as áreas com déficit e não por preferência política e promover uma agenda de atividades nas praças, junto com demais secretarias.

REFERÊNCIAS

ABCP, 2010. *Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público*. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 36p.

ABNT, 1999. *Norma Técnica - NBR 5674 - Manutenção de Edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, Associação Brasileira de Normas e Técnicas.

ABNT, 2012. *Norma Técnica - NBR 16071 - Playgrounds*. Rio de Janeiro: ABNT, Associação Brasileira de Normas e Técnicas.

CASTRO, V. d. S. & CASTRO, C. A. T., 2015. A Gestão Pública do Lazer em espaços públicos urbanos: um estudo de caso da Praça do Operário, no município de Breves - PA. *Revista Brasileira de Estudos do Lazer*, 2(set-dez), pp. 139-158.

FREITAS, W. K. D., PINHEIRO, M. A. S. & ABRAHÃO, L. L. F., 2015. Análise da Arborização de Quatro Praças no Bairro da Tijuca, RJ, Brasil. *Floresta e Ambiente*, pp. 23-31.

IBAPE/SP, 2015. *Inspeção Predial - Equipamentos e Espaços de Lazer*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo.

IBGE, 2020. *IBGE*. Available at: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-joao-de-meriti/panorama>. Disponível em: www.ibge.gov.br. [Acesso em 20 março 2021].

INCC, 2021. *Índice Nacional da Construção Civil, Fundação Getúlio Vargas (INCC/ FGV)*. Disponível em: <https://www.portalbrasil.net/incc/> [Acesso em 21 março 2021].

MENDONÇA, E. M. S., 2007. Apropriações do espaço público: alguns conceitos. *Periódicos Eletrônicos em Psicologia*, dezembro, Volume 7.

Prefeitura Municipal de São João de Meriti (2011) Construção de Quadra no Bairro Venda Velha - Instrumento Contratual: Contratos, Anexos e Planilhas de Serviços - Contrato de Repasse 0370.088-60/2011 - Termo de Contrato nº 031/2013.

Prefeitura Municipal de São João de Meriti (2017) Reforma da Praça do PAM - Instrumento Contratual: Contrato, Anexos e Planilhas de Serviços - Contrato nº 018/2017.

TCU, 2013. *Acórdão 2622/2013 - TC 036.076/2011-2 - Faixas aceitáveis para valores de taxas de BDI*, Brasília: Tribunal de Contas da União - Plenário.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/05/2021

Fernanda Camila Ramos Rodrigues

Centro Universitário Luterano de Santarém -
CEULS/ULBRA

Liandra Caroline Avelino Rego

Centro Universitário Luterano de Santarém -
CEULS/ULBRA

Marlon David Almeida da Silva

Centro Universitário Luterano de Santarém -
CEULS/ULBRA

Suene Riley Guimarães da Silva

Centro Universitário Luterano de Santarém -
CEULS/ULBRA

Sérgio Gouvêa de Melo

Centro Universitário Luterano de Santarém -
CEULS/ULBRA

Hugo Ricardo Aquino Sousa da Silva

Centro Universitário Luterano de Santarém -
CEULS/ULBRA

RESUMO: O perfil de construção sustentável tem ganhado espaço no mundo, junto com a preocupação com o meio ambiente. A engenharia busca alternativas para problemas simples, como tornar um concreto mais econômico e utilizando produtos orgânicos, além de tirar resíduos mal descartados das ruas. O açaí é um dos maiores produtores de lixo orgânico na região do Pará. Tendo em vista disso, o trabalho objetiva testar a

resistência do concreto utilizando a fibra do açaí através de ensaios laboratoriais, com o intuito de substituir o concreto convencional do pavimento intertravado. De modo que, os agregados graúdos e miúdos possam ser substituídos pela fibra em 10%, 1,5% e 1% para fins comparativos de resistências e de custo benéfico, incentivando assim o uso de fibras orgânicas. Foram analisadas as resistências dos corpos de provas, e expressas suas comparações com o concreto convencional em quadros e gráficos. Os resultados mostram que a substituição dos agregados em 10%, 1,5% e 1% não são recomendados para pavimentos intertravados para tráfego de veículos leves e pesados, pois não alcançam os 35 MPa recomendados por norma. No entanto, podem ser utilizados em calçadas e pavimentos sem tráfego pesado.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Fibra de Açaí. Sustentabilidade. Intertravado.

USE OF AÇAÍ FIBER IN THE COMPOSITION OF INTERLOCKED FLOORS FOR PUBLIC TOURS IN THE CITY OF SANTARÉM-PA

ABSTRACT: The profile of sustainable construction has gained space in the world, along with concern for the environment. Engineering looks for alternatives to simple problems, such as making a concrete more economical and using organic products, as well as taking away badly discarded waste from the streets. Açaí is one of the largest producers of organic waste in the region of Pará. In view of this, the objective of this work is to test the resistance of the concrete using açaí fiber through laboratory tests, in order

to replace the conventional concrete of the interlocked pavement. Thus, the large and small aggregates can be replaced by fiber at 10%, 1.5% and 1% for comparative resistance and cost-benefit purposes, thus encouraging the use of organic fibers. The strengths of the test bodies were analyzed, and their comparisons with conventional concrete were expressed in tables and graphs. The results show that the replacement of the aggregates by 10%, 1.5% and 1% is not recommended for interlocking pavements for light and heavy vehicle traffic, since they do not reach the recommended 35 MPa per standard. However, they can be used on sidewalks and pavements without heavy traffic.

KEYWORDS: Concrete. Açai Fiber. Sustainability. Interlocked.

1 | INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda a utilização da fibra do açai como compósito no pavimento intertravado para passeio público, tendo como principal método de análise, o ensaio de compressão axial em corpos de prova cilíndricos.

A escolha do compósito foi devido ao descarte em grande quantidade do mesmo, sem que houve nenhuma utilização pré-definida. No concreto, a fibra do açai tornar-se-ia um compósito que, por hipótese, geraria uma certa economia no custo de produção, além de ser uma alternativa sustentável. Pois, em primeira instância a fibra de açai possui uma boa resistência mecânica.

O tema é justificado devido às peças de intertravados possuírem grande praticidade em sua execução, pois as peças depois de prontas e desformadas apresentam várias possibilidades de encaixes dando grande versatilidade aos pavimentos intertravados.

O revestimento intertravado suporta tensões de contato ocasionadas pelo tráfego, resguardando a camada de base do desgaste por abrasão. Além disto, mantém a camada de base com baixos índices de umidade, permitindo melhor estabilidade do material.

Logo, chega-se ao questionamento: as peças de pavimento intertravado que utiliza a fibra do açai como compósito são resistentes o suficiente às tensões solicitantes de um passeio público?

O objetivo principal é comparar a viabilidade funcional e o custo-benefício do pavimento intertravado convencional de concreto com o pavimento intertravado que possui fibra de açai em sua composição. Já os específicos: executar ensaios de resistência a compressão para fins comparativos e determinar a partir do custo benefício, qual pavimento é mais viável, seja ele o intertravado com fibra ou o convencional utilizando dados de uma empresa na cidade nomeada “empresa A” no trabalho, para as análises.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Cálculo do traço

Realizou-se os ensaios necessários para a obtenção dos devidos dados dos

agregados miúdos e graúdos.

	Agregado miúdo	Agregado graúdo
Diâmetro Máximo (mm)	1,18	19
Módulo de Finura	1,78	7,70
Massa Específica (kg/m ³)	2650	2700

Tabela 1 - Características físicas e granulométrica dos agregados.

Fonte: Autores, 2018.

O método utilizado para o cálculo do traço foi o ABCP/ACI (Associação Brasileira de Cimento Portland/American Concret Institute).

Resistência Característica (fck)	35 MPa
Massa específica do cimento (kg/m ³)	3100
Tipo de cimento	CP II 32-RS

Tabela 2 - Características do concreto e cimento.

Para o cálculo do $f_{c_{28}}$ (resistência do concreto aos 28 dias), considerou-se uma condição de preparo do tipo B, onde: o cimento é dosado em massa, agregados dosados em massa combinada com volume, a umidade do agregado miúdo é determinada e o volume do agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento. Logo, o desvio padrão (Sd) será de 5,5 MPa.

$$f_{c_{28}} = f_{ck} + 1,65 * Sd$$
$$f_{c_{28}} = 35 + 1,65 * 5,5 = 44,01 \text{ Mpa}$$

Utilizando-se o Curva de Abrams, para o $f_{c_{28}}$ e o tipo de cimento em questão, tem-se que o fator água/cimento (a/c) corresponde a 0,46

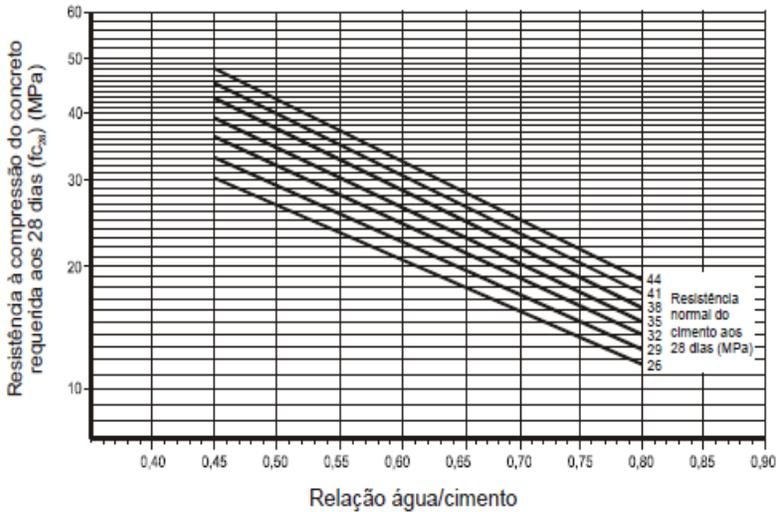


Figura 1 - Curva de Abrams.

Fonte: RODRIGUES, 1998.

Para calcular o consumo de água (C_A) e o consumo de agregado graúdo (C_B), utilizou-se as tabelas de Rodrigues (1998), que indicam a necessidade de 195 l/m³ de água e 1146,5 kg/m³ de agregado graúdo.

De posse dessas informações, torna-se possível calcular o consumo de cimento (C_C):

$$C_C = \frac{C_A}{a/c} = \frac{195}{0,46} = 434,78 \text{ kg/m}^3$$

Para calcular o consumo do agregado miúdo deve-se encontrar o volume de agregado miúdo (V_M) para, posteriormente, calcular sua massa (C_M):

$$V_M = 1 - \left[\frac{C_C}{\gamma_C} + \frac{C_B}{\gamma_B} + \frac{C_A}{\gamma_A} \right]$$

$$V_M = 1 - \left[\frac{434,78}{3100} + \frac{1116,5}{2700} + \frac{200}{1000} \right] = 0,24623 \text{ m}^3$$

$$C_M = V_M * \gamma_M$$

$$C_M = 0,24623 * 2650 = 678,4 \text{ kg/m}^3$$

Por fim, a apresentação do traço se apresenta na seguinte proporção:

Cimento	Areia	Brita	Água
$\frac{C_C}{C_C}$	$\frac{C_M}{C_C}$	$\frac{C_B}{C_C}$	$\frac{C_A}{C_C}$
1	1,5	2,567	0,46

Tabela 3 - Proporção do traço.

2.2 Materiais

As fibras de açai foram retiradas manualmente dos caroços, após serem adquiridas através de uma coleta executada pelos próprios pesquisadores na cidade de Santarém – Pará. As fibras podem ser usadas em cinzas ou manta, sendo escolhida a manta.



Figura 2 - Fibras retiradas do caroço de açai.

O cimento utilizado foi CP II-Z-32-RS, o mais abundante da região. A areia utilizada fora oriunda da serra da Matinha, localizado na cidade de Santarém-PA. Já a brita, de jazida proveniente do município de Trairão-PA.

- O concreto utilizado foi constituído de cimento Portland, agregados e água,
- O cimento Portland utilizado obedece às ABNT NBR 16697:2018 e ABNT NBR 11578:1991;
- Os agregados obedecem à ABNT NBR 7211:2009 ou outras Normas Brasileiras pertinentes,
- A água de amassamento atende à ABNT NBR 15900-1:2009.

2.3 Molde

O molde utilizado para as peças foi o do Tipo Cilíndrico, segundo a ABNT NBR 9781:2013, devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15

cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm. As medidas diametrais têm tolerância de 1% e a altura, 2%. Os planos das bordas circulares extremas do molde devem ser perpendiculares ao eixo longitudinal do molde.

2.4 Abatimento

Determinar o abatimento da amostra de concreto de acordo com a ABNT NBR 16889:2020. As amostras empregadas nos ensaios de abatimento e teor de ar foram descartadas.



Figura 3 - Ensaio abatimento tronco de cone.

2.5 Procedimento de moldagem

2.5.1 Preparação dos moldes

Foram confeccionados 18 corpos de prova para a obtenção de resultados de 3 ensaios de resistência a compressão.

Antes de proceder à moldagem dos corpos-de-prova, os moldes e suas bases foram convenientemente revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral.

A superfície de apoio dos moldes era rígida, horizontal, livre de vibrações e outras perturbações que pudessem modificar a forma e as propriedades do concreto dos corpos-de-prova durante sua moldagem e início de pega.

2.5.2 Moldagem dos corpos-de-prova

Procedeu-se a uma prévia remistura da amostra para garantir a sua uniformidade e colocou-se o concreto dentro dos moldes em número de camadas que corresponda ao que determina no Quadro 2, utilizando uma concha de seção U.

Ao introduzir o concreto, deslocar a concha ao redor da borda do molde, de forma a assegurar uma distribuição simétrica e, imediatamente, com a haste em movimento circular, nivelar o concreto antes de iniciar seu adensamento.

2.5.3 Adensamento dos corpos-de-prova

Deve ser feita em função do abatimento do concreto, determinado de acordo com a ABNT NBR 16889:2020, e das seguintes condições:

- Os concretos com abatimento compreendido entre 10 mm e 30 mm devem ser adensados por vibração;
- Os concretos com abatimento compreendido entre 30 mm e 150 mm podem ser adensados com a haste (adensamento manual) ou por vibração;
- Os concretos com abatimento superior a 150 mm devem ser adensados com a haste (adensamento manual).

No caso do concreto em questão foi usado o abatimento com haste.

2.5.3.1 Adensamento manual com haste

Introduzir o concreto no molde em camadas de volume aproximadamente igual e adensar cada camada utilizando a haste, que deve penetrar no concreto com seu extremo em forma de semiesfera o número de vezes definido pela ABNT NBR 5738:2015, que se apresenta na Tabela 4.

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Números de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	-	-
Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.				

Tabela 4 - Número de camadas para moldagem dos corpos-de-prova.

Fonte: ABNT NBR 5738:2015.

A primeira camada deve ser atravessada em toda a sua espessura, quando adensada com a haste, evitando-se golpear a base do molde. Os golpes devem ser distribuídos uniformemente em toda a seção transversal do molde. Cada uma das camadas seguintes também deve ser adensada em toda a sua espessura, fazendo com que a haste penetre aproximadamente 20 mm na camada anterior.

2.5.4 Cura

Após a moldagem, alocaram-se os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto. Durante as primeiras 24 h, todos os corpos-de-prova foram armazenados em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

Antes de serem armazenados, os corpos-de-prova foram identificados. Após sua identificação, os corpos-de-prova foram armazenados até o momento do ensaio em solução saturada de hidróxido de cálcio a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar superior a 95%.



Figura 4 - Cura dos corpos de prova.



Figura 5 - Armazenamento dos corpos de prova.

2.6 Cálculo da resistência

O cálculo de resistência segue a ABNT NBR 5739:2018 e a resistência obtida, é dada pela divisão da carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 MPa.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone

No primeiro traço, substituiu-se 10% dos agregados, sendo 5% de cada agregado, fora perceptivo a absorção da água pela fibra e diante disso o resultado do abatimento deu-se em 0 mm. No traço em questão adicionou-se mais 2,0 kg de cimento, 3,0 kg de areia e

2,76 litros de água, no entanto com as correções o resultado do abatimento ainda se deu em 0 mm.

Nos traços 1% e 1,5% de fibra o abatimento ocorreu normalmente, sendo que para o ensaio de 1% precisou-se corrigir o cimento, acrescentando mais 1,0 kg e no ensaio de 1,5% a água fora corrigida de 2,75 litros para 2,0 litros.

Concreto	Abatimento (mm)
10,0% de fibra	0
1,5% de fibra	50
1,0% de fibra	40

Tabela 5 - Abatimento do Concreto.

3.2 Compressão Axial

A resistência à compressão é influenciada pelos agregados da mistura, inclusive o agregado graúdo, a substituição dele pelas fibras força mais a trabalhabilidade do restante da mistura do concreto. A elaboração do concreto com fibra é a mesma do convencional.

Foram moldados 6 corpos de prova para cada traço calculado, resultando em 18 CP's totais, sendo rompidos 2 por idade (7, 14, 21). Não foi possível romper com a idade de 28 dias pelo pouco intervalo de tempo.

Observou-se que o concreto com 10% de fibra não obteve boa resistência, chegando à resistência de 4,92 MPa aos 14 dias, onde se esperava ter atingido pouco mais de 50% da resistência calculada.

Nº do CP	Idade de Cura	Data de Moldagem	Data da Ruptura	Carga (tf)	Área do CP (cm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média (MPa)
1	7 dias	19/OUT	29/OUT	3,34	79,61	4,19	4,05
2				3,11		3,91	
3	14 dias		05/NOV	4,28		5,37	4,92
4				3,55		4,46	

Tabela 6 - Resistência à compressão axial na proporção 10% de fibra.

O concreto com 1,5% de fibra chegou a uma resistência maior, aos 14 dias a resistência chegou a 13,91 o que é 39,74% da resistência estimada.

Nº do CP	Idade de Cura	Data de Moldagem	Data da Ruptura	Carga (tf)	Área do CP (cm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média (MPa)
1	3 dias	25/OUT	29/OUT	6,75	79,61	8,48	8,95
2				7,49		9,41	
3	14 dias		09/NOV	11,06		13,89	13,91
4				11,10		13,94	

Tabela 7 - Resistência a compressão axial na proporção 1,5% de fibra.

O Concreto de 1,0% também obteve uma melhor resistência, chegando 14,27 MPa, que seria 41% em relação ao valor estimado.

Nº do CP	Idade de Cura	Data de Moldagem	Data da Ruptura	Carga (tf)	Área do CP (cm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média (MPa)
1	3 dias	25/OUT	29/OUT	8,81	79,61	11,07	11,07
2				8,81		11,07	
3	14 dias		09/NOV	11,29		14,18	14,27
4				11,43		14,36	

Tabela 8 - Resistência a compressão axial na proporção 1,0% de fibra.

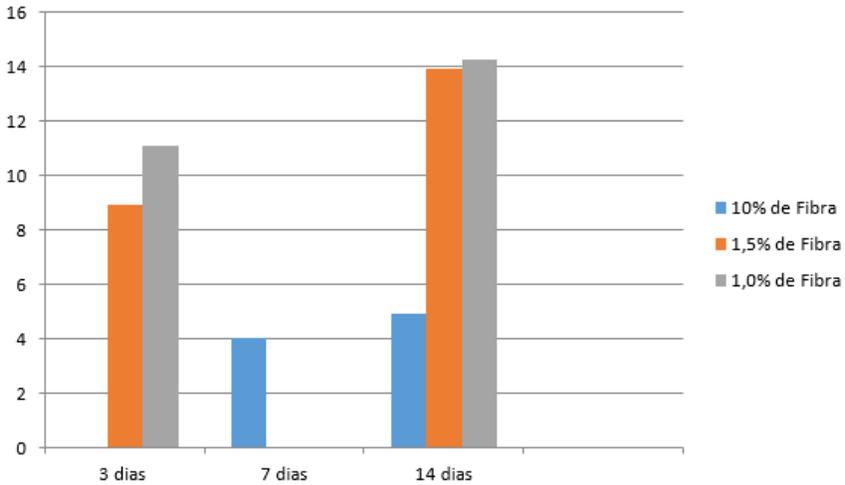


Figura 6 - Comparativo das resistências dos traços com fibras.

A tabela a seguir apresenta a resistência dos corpos de prova da empresa X aos 3 e 7 dias, com a utilização de cimento CP II Z 32, 40% de brita 0 e 60% de brita 1 e aditivo superplastificantes.

Nº CP	Idade de Cura	Data de Moldagem	Data da Ruptura	Carga (tf)	Área do CP (cm²)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média (MPa)
1	3 Dias	17/AGO	20/AGO	13,79	79,61	17,60	17,25
2				13,29		16,90	
3	28/AGO		20,13	25,6		25,4	
4			19,79	25,2			

Quadro 1 - Resistência à compressão axial concreto convencional.

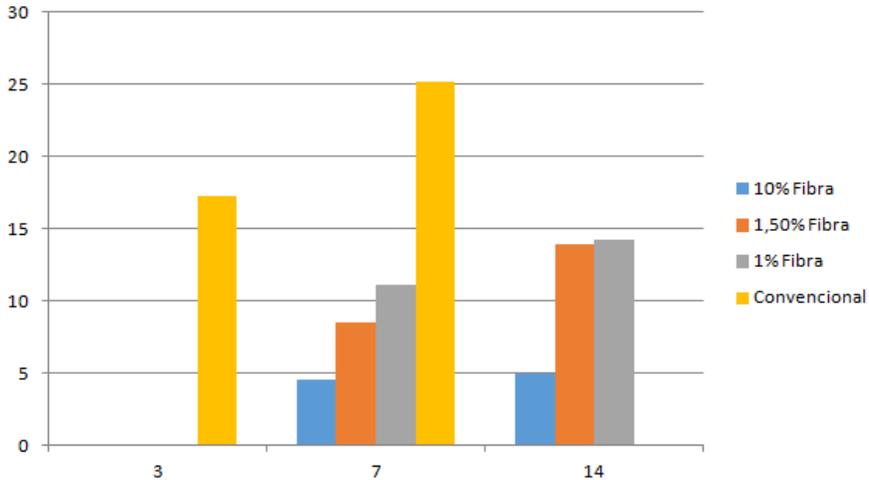


Figura 7 - Comparativo das resistências dos traços com fibra e convencional.

3.3 Tipos de Ruptura

Quando a dispersão entre resultados de um mesmo exemplar for significativa, convém investigar o tipo de ruptura, pois defeitos na moldagem e/ou no arremate dos topos e bases dos corpos de prova podem ser identificados e sanados.



Figura 8 - Ruptura do tipo F aos 07 dias 10% de fibra.



Figura 9 - Ruptura do tipo B aos 14 dias 10% de fibra.



Figura 10 - Ruptura do tipo B aos 07 dias 1,5% de fibra.



Figura 11 - Ruptura do tipo F aos 14 dias 1,5% de fibra.



Figura 12 - Ruptura do tipo F, aos 07 dias 1 % de fibra.



Figura 13 - Ruptura do tipo F, aos 14 dias 1% de fibra.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados adquiridos, o uso da fibra do açai na composição de pavimento intertravado de veículos leves e pesados não atingiu a resistência necessária, logo, não pode ser utilizado para esta finalidade, se torna inviável para a produção, mesmo atingindo a resistência de 35 MPa aos 28 dias.

Conforme apresentado, as proporções de 1% e 1,5% de fibra utilizada, apresentaram melhores valores de resistência, são proporções com baixo teor de fibra comparadas ao agregado graúdo. Já a utilização de 10% de fibra é totalmente descartada, pois esta proporção significativa afeta diretamente na trabalhabilidade do concreto absorvendo muita água, sendo assim, necessário aumentar o fator água-cimento o que acaba gerando uma diminuição da resistência do concreto.

Outro fator relevante seria o custo benefício, o cimento utilizado na fabricação das peças de intertravados por algumas fabricas da cidade utilizam o cimento CP IV-32, sendo esse cimento mais caro e vendido somente por encomenda. Logo, o cimento utilizado no presente trabalho é o convencional e a fibra de açai não provocaria nenhum gasto a mais, pois a mesma é descartada. No entanto as proporções que adquiriram melhores resistências foram proporções pequenas, tornando o uso quase imperceptível na relação de custo.

Uma possível utilização para o intertravado com as fibras de açai seria na utilização de passeio público específico, sem nenhuma passagem de veículos, para que a resistência a compressão obtida nos testes, sejam viáveis à utilização, porém tão situação não é

descrita pela ABNT NBR 9781:2013. Como fator positivo, o compósito apresentou uma absorção de água considerável, diminuindo assim o escoamento superficial, evitando alagamentos e empoçamento em calçadas.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR 5738**: Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova Cilíndrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 11578**: Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

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

_____. **NBR 16889**: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

RODRIGUES, Publio Penna Firme. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**. ET-67. 3ª Ed. São Paulo: IBRACON - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

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/m^2 compared to 3.50kN/m^2 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 edificadas, 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).



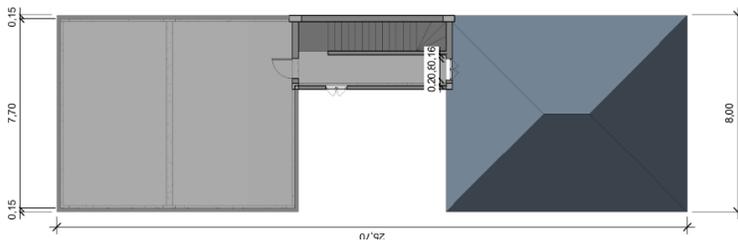


Figura 2 - Arquitetura Existente.

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.

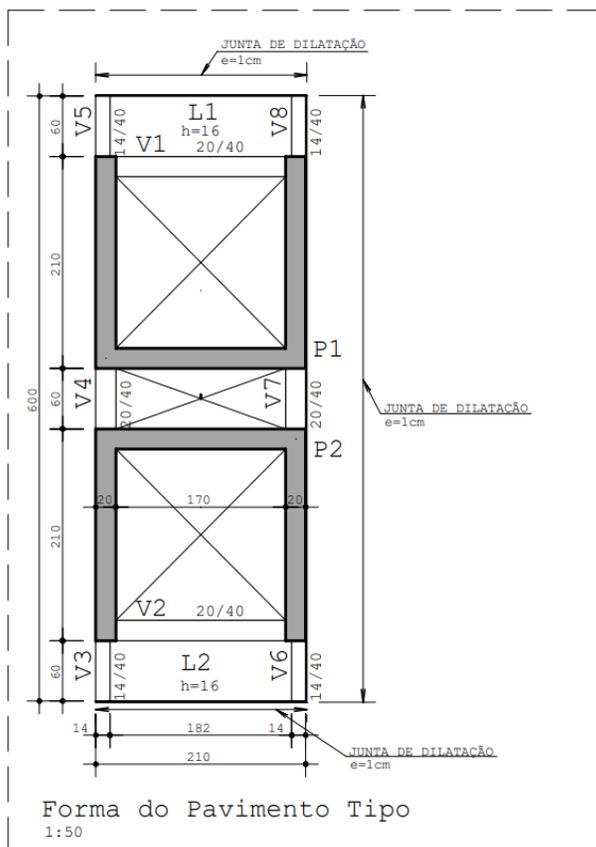


Figura 3 - Forma do pavimento tipo sem escala.

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.

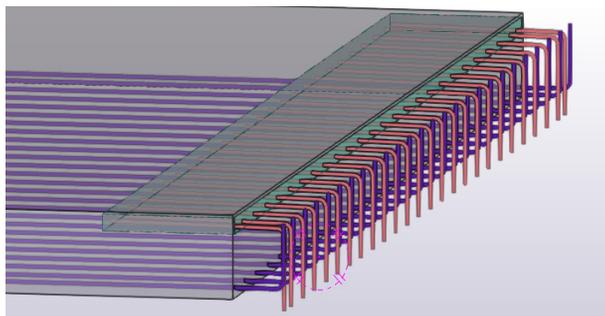


Figura 4 - Ilustração da solução para o apoio da laje.

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.

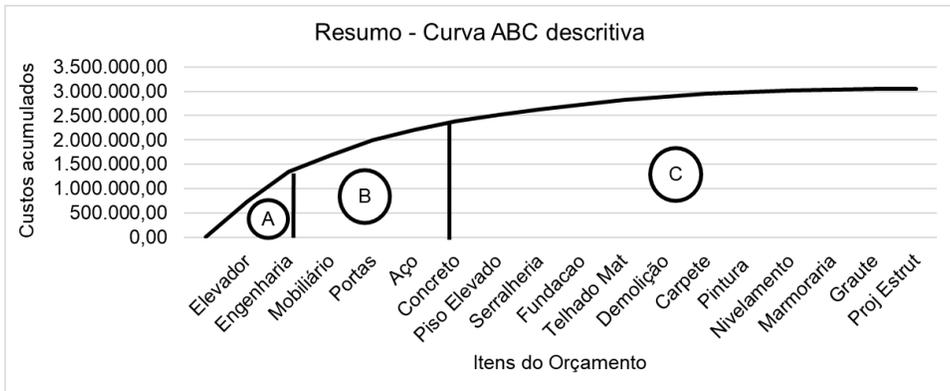


Figura 6 - Curva ABC descritiva.

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 comercio 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. Gestaõ 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.

CAPÍTULO 8

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

Data de aceite: 01/07/2021

Adriely Maria Sandi

Acadêmica do curso de Engenharia Civil,
Universidade do Oeste de Santa Catarina
Concórdia-SC

Gislaine Luvizão

Engenheira Civil, doutoranda, Professora,
Universidade do Oeste de Santa Catarina
Joaçaba-SC

Fabiano Alexandre Nienov

Engenheiro Civil, doutor, professor,
Universidade do Oeste de Santa Catarina
Joaçaba-SC

RESUMO: Em muitas cidades, bairros e principalmente no interior ainda existem ruas com revestimento primário, onde utilizam cascalhos na camada superficial. Esse material está cada vez mais difícil de encontrar e ainda, pode apresentar baixa resistência. Busca-se misturas com baixo custo, para melhorar as condições das ruas sem pavimentos. Há muitos materiais sem utilidade depositados na natureza e em locais proibidos que poderiam ajudar na mistura com solo para uma melhor via urbana ou rural. Um desses materiais é o fresado (resíduo) de mistura asfáltica, mais conhecido como RAP (*Recycled Asphalt Pavement*), eles são armazenados em bota fora e não tem nenhuma utilidade. O objetivo dessa pesquisa é verificar se essa mistura (SOLO+RAP) melhora as características da via, aferindo em laboratório a

resistência à compressão e a resistência à tração por compressão diametral das misturas, onde S (solo) e R (RAP): 1 (90S10R), 2 (80S20R), 3 (70S30R), 4 (60S40R), 5 (50S50R), 6 (40S60R), 7 (30S70R), 8 (20S80R), 9 (10S90R). Foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, compactação, RCS e RTCD, e ascensão capilar. Após, analisou-se a mistura ideal, resultando na mistura 6 (40S60R), 7 (30S70R) e 8 (20S80R). Realizou-se então três pistas experimentais, com as melhores misturas, para acompanhar o desempenho da mesma no decorrer do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Solo; RAP; Pavimentação; Vicinais; Fresagem.

EVALUATION OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RAP AND SOIL MIXTURES FOR APPLICATION IN VICINARY ROADS

ABSTRACT: In many cities, neighborhoods and especially in the interior, there are still streets with primary cladding, where gravels are used in the surface layer. This material is more and more difficult to find and yet, it can present low resistance. Low cost mixtures are sought to improve street conditions without pavements. There are many useless materials deposited in nature and in prohibited places that could help in mixing with soil for a better urban or rural route. One of these materials is the asphalt mixture (residue), better known as RAP (*Recycled Asphalt Pavement*), they are stored outside and have no use. The objective of this research is to verify if this mixture (SOLO + RAP) improves the characteristics of the track, measuring in the laboratory the compressive strength and the

tensile strength by diametrical compression of the mixtures, where S (soil) and R (RAP): 1 (90S10R), 2 (80S20R), 3 (70S30R), 4 (60S40R), 5 (50S50R), 6 (40S60R), 7 (30S70R), 8 (20S80R), 9 (10S90R). Material characterization tests, compaction, RCS and RTCD, and capillary rise were carried out. Afterwards, the ideal mixture was analyzed, resulting in the mixture 6 (40S60R), 7 (30S70R) and 8 (20S80R). Then, three experimental tracks were carried out, with the best mixtures, to monitor the performance of the same over time.

KEYWORDS: Soil RAP; Paving; Vicinals; Milling.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil o modal de transporte rodoviário é o mais utilizado. Mas nem sempre ele é o melhor, o mais eficiente e seguro. Para que ele atenda todos esses requisitos é preciso uma infraestrutura adequada. Porém com a grande extensão territorial do país, há muitos locais em situações precárias e sem infraestrutura, devido ao alto investimento necessário.

Essas rodovias são pavimentadas com revestimentos asfálticos, que proporcionam uma durabilidade em torno de 10 anos, com manutenções periódicas. Porém essas manutenções não acontecem, devido à falta de investimentos e de fiscalização. Pela ausência dessas manutenções, as rodovias ficam em condições desfavoráveis à segurança e conforto, com mais de 20 anos sem nenhuma melhoria.

Em alguns estados do país, como em Santa Catarina, as rodovias passam por manutenções periódicas, uma vez que é a única forma de escoamento da produção agroindustrial da região oeste. Parte destas manutenções consiste em uma fresagem (corte do revestimento) e recapeamento desta camada. O material retirado é descartado em bota-fora, ou nas margens das rodovias. Pela quantidade elevada desse resíduo, ele acaba gerando um passivo ambiental.

Em Joaçaba ainda há muitas vias que não estão pavimentadas, elas são mais conhecidas como vias vicinais. As mesmas também necessitam de manutenção. Atualmente utiliza-se o resíduo fresado aplicado sobre a camada de solo existente, porém não apresenta durabilidade compatível com custo executivo.

Como tema da pesquisa serão estudadas misturas de fresado com o solo local, aferindo em laboratório a resistência à compressão e a resistência a tração por compressão diametral. Dessa forma, será reutilizado o material fresado, reduzindo assim a quantidade de resíduos descartados na natureza e a exploração da matéria-prima que compõe o pavimento, resultando em um menor custo final da restauração.

2 | OBJETIVO

Aferir em laboratório e em campo o comportamento mecânico e temporal de misturas fresado/solos utilizadas como camada estrutural de vias com baixo volume de tráfego, destinando de forma adequada o resíduo de fresado presente em locais de bota-fora, onde pode contaminar o lençol freático.

3 | CONTEXTUALIZAÇÃO

3.1 Vias vicinais

Conforme Baesso & Gonçalves (2003), as estradas rurais, ou estradas vicinais, são vias pequenas que compõem o sistema de transporte e são responsáveis pelo escoamento da produção agrícola. São estradas não-pavimentadas, muito importantes pois fornecem acesso da população rural aos serviços urbanos (educação, saúde e lazer) e comercialização das atividades produtivas e insumos agrícolas fundamentais à produção.

Hanashiro (2016) afirma que estradas não pavimentadas podem causar danos aos veículos e, às vezes, até impossibilitam o tráfego, forçando rotas mais longas e, em consequência, maior tempo gasto em transporte e perdas de qualidade dos produtos em decorrência da vibração ocasionada pelas irregularidades das pistas.

Conforme Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2019), verifica-se que, de um total de 1.724.924 km de estradas brasileiras, 1.429.296 km, ou seja, 83% são estradas municipais não-pavimentadas. Mesmo sendo de grande importância econômica e social, as estradas não-pavimentadas são relegadas a segundo plano.

Os melhores profissionais não são recrutados a participar da manutenção dessas estradas, não são desenvolvidas técnicas que propiciem tal manutenção, além de os usuários afirmarem que a única solução para o problema das estradas vicinais seria a pavimentação destas, ignorando o alto custo de tal operação (ODA, 1995).

Segundo Nunes (2003 apud CRUZ, 2005), sem manutenção adequada e constante, estradas rurais irão se deteriorar, aumentando os custos operacionais dos veículos, o número de incidentes e reduzindo a confiabilidade nos serviços de transporte.

Uma estrada vicinal deve apresentar, acima de tudo, boas condições estruturais, que se refere à capacidade de suporte, e boas condições funcionais, referente às condições de rolamento e aderência. A primeira se refere à característica que confere à estrada capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego, garantida pelo uso de materiais granulares e compactação da pista. A segunda diz respeito à prevenção de irregularidades da pista que interferem negativamente sobre a comodidade e segurança do tráfego, tais como buracos, materiais soltos na via e pista escorregadia, garantida pelo uso de materiais granulares (aderência) e material argiloso (diminuindo a incidência de material solto), compactados. É também necessário, um bom sistema de drenagem (SANTOS et al., 1988).

3.2 Restauração

Abdou (2014) afirma que, uma das técnicas mais comuns em pavimentos flexíveis é o reforço da estrutura, que é a recuperação das características estruturais do pavimento pela colocação de uma espessura adicional de material betuminoso, aumentando a capacidade estrutural e prolongando a sua vida útil. Essa técnica é popularmente conhecida

como, tapa buracos.

Quando as camadas de revestimento ou da base estiverem comprometidas, poderá ser feito a reciclagem do pavimento. São retirados esses materiais com uma máquina, misturados e assim a nova base torna-se mais resistente. Após feito isso, uma nova camada de asfalto é aplicada sobre a nova estrutura. Em alguns casos, quando a estrutura está muito condenada é aconselhável a reconstrução total do pavimento, onde todas as camadas são retiradas e refeitas. O que torna o procedimento muito trabalhoso e caro (ABDOU, 2014).

3.3 Fresagem

Segundo Bernucci et al. (2008), a fresagem em pavimentos consiste na remoção parcial ou integral dos materiais asfálticos, operação realizada sobre a camada de revestimento asfáltico, utilizando-se de processo mecânico a frio.

É utilizada para reciclagem e para reconstrução de pavimentos asfálticos. Para a operação, primeiramente deve-se interditar a via a ser fresada e com a espessura determinada em projeto deve ser fresado, utilizando-se de equipamento específico (Figura 3) com sistema autopropulsionado e com dispositivo de esteira para elevação do material fresado para a caçamba de caminhão basculante (BERNUCCI et al.,2008).

Já Departamento de Estradas de Rodagem/PR (DER/PR, 2005) afirma que fresagem é uma espécie de corte de uma ou mais camadas de um pavimento por intermédio de processo mecânico a frio. A espessura deve ser bem criteriosa, seguindo o projeto da via.

Após a remoção do pavimento, ele é posteriormente reciclado, o que, tendo em conta os materiais envolvidos, é altamente benéfico para o ambiente. Para este efeito, antes de executar a fresagem deve-se limpar a sujidade e resíduos da superfície do pavimento através de varrimento mecânico (DNIT, 2006).

3.4 RAP - Recycled Asphalt Pavement

Conforme Pereira (2017) RAP é o produto da trituração e remoção das camadas asfálticas deterioradas e podem ser reutilizadas para a elaboração de novas estradas.

Segundo Kallas (1984) esse termo é definido como materiais de pavimentação que são removidos ou reprocessados contendo asfalto e agregados. Esses materiais são gerados na remoção de pavimentos asfálticos para reconstrução ou recapeamento. Geralmente a maior parte do material produzido é reciclado e utilizado, embora nem sempre no mesmo ano em que é produzido. Esse material pode ser utilizado em misturas como uma base ou sub-base, como substituto de agregado e suplemento de cimento asfáltico em pavimentação de asfalto reciclado, agregado de base estabilizada e como um aterro ou material de enchimento.

As propriedades do RAP dependem das propriedades dos materiais constituintes e do tipo de concreto asfáltico usado no pavimento antigo. Também influenciam na composição,

o número de vezes que o pavimento foi recapeado e a quantidade de remendos (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2016).

4 | METODOLOGIA

Neste capítulo será explanado os materiais e métodos utilizados para a realização da pesquisa, ou seja, todos os ensaios utilizados para a caracterização dos materiais (solo e fresado de asfalto) além dos procedimentos de mistura e aferição do desempenho mecânico.

Para a realização da mistura, utilizou solo argiloso e resíduo fresado de pavimento asfáltico (RAP). A mistura foi utilizada para a aferição da resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão diametral.

Após cura de 28 dias para bases de pavimentos, deve-se apresentar resistência à compressão simples igual ou superior à 2,1 MPa, conforme exige a ES-P-09/16 (DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA, 2016), mas, no caso de vias vicinais, não há legislação que determine uma resistência mínima necessária. Os resultados obtidos foram extremamente baixos, por isso, adicionou-se 3% de cimento CP II – Z na mistura, diminuiu-se o período de cura para 7 dias e selecionou-se algumas misturas apenas, para realizar o ensaio.

As cinco misturas desenvolvidas com solo (S), fresado (F) e cimento, apresentaram as seguintes proporções: 1) 70%(S)/30%(F); 2) 60%(S)/40%(F); 3) 50%(S)/50%(F); 4) 40%(S)/60%(F) e 5) 30%(S)/70%(F).

4.1 Caracterização dos materiais

Foram efetuados ensaios de densidade real dos grãos (Figura 1a) conforme a norma DNER-ME 093 (DNIT, 1994), os ensaios de limite de liquidez (Figura 1b) e limite de plasticidade (Figura 1c), conforme a normativa DNER-ME 122 (DNIT, 1994) e DNER-ME 082 (DNIT, 1994), respectivamente.



Figura 1: a) Densidade real dos grãos, b) Limite de liquidez, c) Limite de plasticidade.

FONTE: Autoria própria.

Obteve-se como parâmetros do solo: densidade real dos grãos de 2,67, limite de liquidez de 56%, limite de plasticidade de 39% e índice de plasticidade de 17%.

Foram efetuados ensaios de granulometria do agregado graúdo e do agregado miúdo, seguindo os procedimentos prescritos pela norma ME 083 (DNIT, 1998), ensaio de massa específica real, sendo necessário separar o material em graúdo e miúdo de acordo com as exigências da ME 081 (DNIT, 1998). O agregado graúdo foi realizado conforme exposto na NBR NM 53 (ABNT, 2003), já o agregado miúdo conforme ME 084 (DNIT, 1995). Realizou-se também ensaio de teor de ligante, conforme a normativa ME 158 (DNIT, 2011), para determinar a porcentagem em massa de betume em mistura asfáltica, através do equipamento extrator Soxhlet e resultou em 7,22% de betume na mistura.

No Gráfico 1 apresenta-se a faixa granulométrica do resíduo (fresado) e as faixas A e B do DNIT para bases estabilizantes granulometricamente, conforme rege a norma ES 098 (DNIT, 2007).

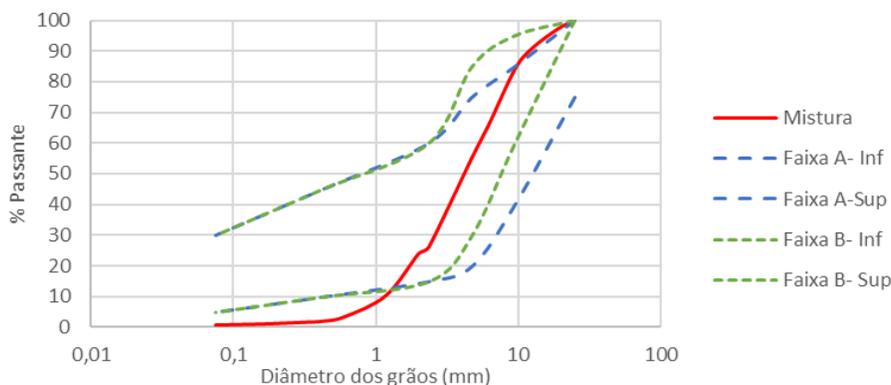


Gráfico 1: Curva Granulométrica do RAP.

FONTE: Autoria própria.

Nota-se que o resíduo (material fresado) necessita de material miúdo. Neste caso de bases de solo com material fresado, o mais indicado seria o cascalho. Como resultados da caracterização do resíduo de asfalto (RAP), obteve-se massa específica real do agregado miúdo de 2,47 g/cm³, do graúdo de 2,56 g/cm³, absorção do agregado miúdo de 18,13% e do miúdo de 8,96%.

4.2 Compactação

Para o ensaio de compactação (Proctor), foram seguidas as exigências da NBR 7182 (ABNT, 2016). A moldagem foi realizada com 3 camadas de solo, compactadas por um soquete correspondente a energia normal, aplicando-se 26 golpes uniformemente sobre cada camada de solo.

O cimento utilizado foi o CP II – Z - 32, o mesmo foi peneirado a fim de eliminar as bolas de cimento. Após todos os materiais preparados, os mesmos foram pesados. Misturou-se o solo e o RAP conforme cada proporção apresentada, totalizando uma massa total de 2,9 kg para cada corpo de prova. Em seguida, foi adicionado 3% de cimento para assim atingir a resistência necessária, conforme De Barba (2018).

Após realizado o ensaio obteve-se uma curva de compactação, que pode ser observada pelo Gráfico 2. O valor encontrado para a umidade ótima foi de 29% e o de massa específica aparente seca foi de 1,44 g/cm³ de massa específica aparente seca.

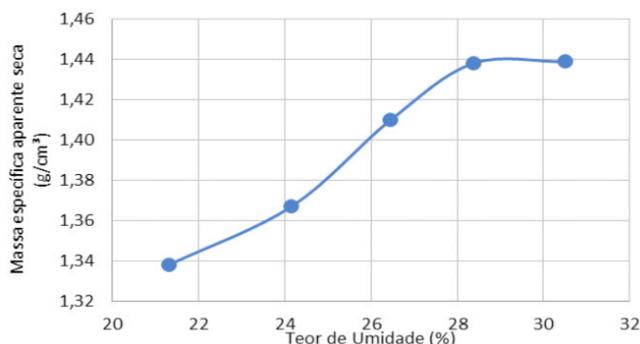


Gráfico 2: Curva de compactação.

FONTE: Autoria própria.

4.3 Comportamento mecânico

Conforme solicitações da norma ME 181 (DNIT, 1994), foram utilizados moldes com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm. Ainda seguindo as recomendações da norma, porém com algumas modificações, foram realizadas para a compactação 5 camadas com 42 golpes em cada, com auxílio do soquete grande.

Os materiais utilizados foram: solo, RAP e também adição de 3% de cimento, para atingir-se a resistência mínima desejada pela norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016), que cita a necessidade de apresentar 2,1 MPa de resistência à compressão simples, na mistura, ou mais, no período de 7 dias, para bases de pavimentos.

Para ensaio de resistência à compressão (RCS) e resistência à tração compressão diametral (RTCD) foram moldados 2 corpos de provas para cada, totalizando 4 corpos de prova para cada mistura. A moldagem foi feita conforme recomendado na norma ME 181 (DNIT, 1994). A norma ME 202 (DNIT, 1994) prevê a cura em câmara úmida, porém com a ausência da mesma, os corpos de provas foram colocados em caixas de isopor, pelo período de 7 dias, atendendo a norma para assim manter a temperatura e umidade constante.

Foram calculados os módulos de elasticidade tangente e secante por meio da curva

tensão x deformação dos resultados do rompimento de resistência à compressão simples. Obteve-se o valor do módulo tangente adotando um intervalo de tensão e dividindo pela diferença de deformação específica encontrada. Já o módulo de elasticidade secante foi definido por um parâmetro adotado, de 80% sob a resistência à compressão simples.

O ensaio de CBR foi realizado com a mistura de 60% RAP e 40% solo, que apresentou o melhor desempenho perante as outras. Conforme exposto na NBR 9895 (ABNT, 2017), foi aplicada energia de compactação normal, com 5 camadas de 12 golpes em cada. Para homogeneização da mistura utilizou-se o teor de umidade baseado nos resultados obtidos pelo ensaio de Proctor (29%).

4.4 Capilaridade

Para este ensaio foram seguidas as orientações da NBR 9779 (ABNT, 1995). Foram moldados dois corpos de prova para cada proporção (1) 90%(S)/10%(F); 2) 80%(S)/20%(F); 3) 70%(S)/30%(F); 4) 60%(S)/40%(F); 5) 50%(S)/50%(F); 6) 40%(S)/60%(F), 7) 30%(S)/70%(F), 8) 20%(S)/80%(F) e 9) 10%(S)/90%(F)), de forma idêntica aos do ensaio de resistência à compressão simples. Com 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura, sendo que foram compactados em três camadas de 21 golpes cada. A cura também ocorreu em caixa de isopor, a fim de garantir a umidade da amostra, pelo período de 28 dias.

Inicialmente retirou-se da cura os dois corpos de prova de cada mistura, deixando os mesmos secarem em temperatura ambiente durante um período de 24 horas. Em seguida pesou-se os mesmos, obtendo o peso seco.

Posteriormente os corpos de prova foram dispostos em formas niveladas, sobre grades, com a finalidade de garantir que a base ficasse em contato com a água. Em seguida foi colocada a água no interior da forma, de modo que o nível ficasse 5mm acima da face inferior do corpo de prova.

No decorrer do ensaio, foi aferido a altura da ascensão capilar em centímetros e a massa dos corpos de prova com 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, contadas a partir da colocação destes em contato com a água, determinando o peso úmido no respectivo tempo. Os mesmos foram previamente secos superficialmente com pano úmido. Após cada etapa os corpos de prova retornaram imediatamente ao recipiente de ensaio. E sempre que necessário foi adicionada a quantia necessária para que o nível de 5mm acima da face inferior fosse mantida.

4.5 Pista experimental

Após ensaios laboratoriais, definiu-se a mistura 6 (40% de solo e 60% de RAP), 7 (30% de solo e 70% de RAP) e 8 (20% de solo e 80% de RAP) como melhores misturas.

Executou-se a pista experimental, em parceria com a UNOESC Joaçaba, seguindo todas as prescrições da norma ME 098 (DNIT, 2007), que descreve como é executada qualquer via vicinal. Foram feitas três aberturas, de 50 cm por 70 cm, com 10 cm de profundidade.

Pesou-se os materiais e misturou-os, conforme cada teor. Posteriormente homogeneizou-se a mistura com teor de umidade ótima e despejou-o nas aberturas. Foram controlados teores de umidade, que foi definido pelo ensaio de compactação desenvolvido em laboratório (ME 213; DNER, 1994).

Para a primeira abertura utilizou-se a mistura de 80% de RAP e 20% de solo com 3% de cimento, para a segunda abertura a mistura era de 60% de RAP, 40% de solo e adição de 3% de cimento CP II Z 32. Já para a terceira e última abertura utilizou-se 70% de RAP e 30% de solo, com adição de 3% de cimento.

Em cada abertura colocou-se duas camadas de mistura e, cada camada foi compactada em energia intermediária. Após a finalização da pista, despejou-se uma camada de brita, para então poder acompanhar o desempenho ao longo do tempo das condições do clima e do tráfego, de forma visual. Essa avaliação visual acontecerá à cada determinado espaço de tempo, de preferência após período de chuva, pois a chuva acelera o processo erosivo, aliado ao tráfego de veículo e a presença de água.

Durante esse período de acompanhamento, será efetuado levantamento de fissuras, desagregações, problemas com drenagem, manutenções, tráfego que transita sobre o local (tipo e quantidade), precipitação diária.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios desenvolvidos, além de avaliação e discussão dos valores.

5.1 Comportamento mecânico

Referente ao comportamento mecânico das misturas desenvolvidas foi possível avaliar os parâmetros de resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão diametral conforme apresentado no Gráfico 3a e b.

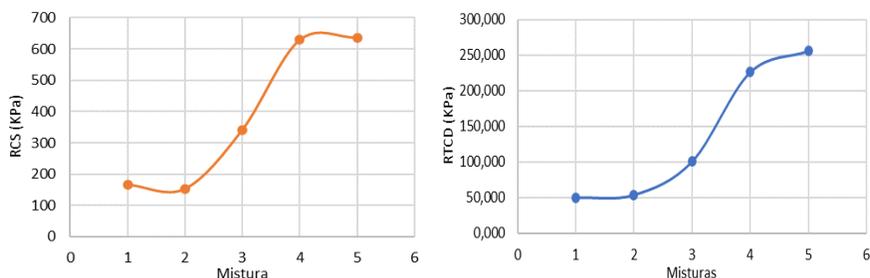


Gráfico 3: a) Resistência à compressão simples, b) Resistência à tração por compressão diametral.

FONTE: Autoria própria.

De forma geral os corpos de prova atingiram baixa resistência aos 7 dias, isso pode ser atribuído a baixa quantidade de cimento presente na mistura, já que é um aglomerante e possui características específicas para isso. É sabido que solos argilosos necessitam de quantidades superiores de cimento para atingir resistências consideráveis, porém isso aumentaria o custo da construção. Buscando uma solução para a utilização de fresado em vias de baixo tráfego, considera-se os resultados obtidos suficientes para a finalidade diante da inexistência de legislação que especifique uma resistência mínima para vias não pavimentadas.

Dentre as misturas testadas, observou-se que a mistura 5 apresentou resistência média superior as demais, e conseqüentemente chegou mais perto da resistência mínima exigida por norma para bases de pavimentos. A mistura 4 atingiu um ganho de resistência extremamente próximo.

Do ponto de vista economia-resistência, a mistura ideal seria a 4, com adição de 3% de cimento. Mas se a necessidade fosse maior resistência final, seria necessária a adição de maior quantidade de cimento ou a adição de materiais pétreos na mistura. As baixas resistências também podem ser dadas pela quantidade de água adicionada na mistura, acredita-se que quanto maior o teor de umidade, menos resistente é a mistura.

Após cura de 7 dias a norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) exige que a mistura reciclada apresente para bases de pavimentos, uma resistência à tração por compressão diametral igual ou superior à 0,25 MPa. Para a finalidade desejada não há recomendações em legislações. Apenas a mistura 5 atingiu a resistência mínima necessária, porém, para vias vicinais que é o objetivo da pesquisa, como o tráfego é menor, é recomendado utilizar as misturas 4 e 5, que possuem as maiores resistências.

Após cálculos dos módulos de elasticidade tangente e secante obteve-se o valor médio dos mesmos. Os valores encontrados foram expostos no Gráfico 4.

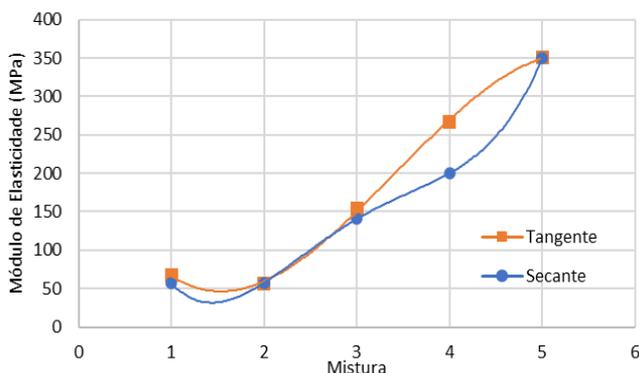


Gráfico 4: Módulo de elasticidade Secante e Tangente.

FONTE: Autoria própria.

Como o módulo de elasticidade se dá pela razão entre a tensão e a deformação específica, quanto menor é o módulo, maior é a deformação que o material apresenta. Por isso, acredita-se que quanto maior a quantidade de RAP presente, maior a capacidade do material se ajustar internamente, elevando assim a resistência e a deformação. Esse comportamento fica visível no gráfico acima, visto que as misturas com 60 e 70% de RAP apresentaram os maiores valores de módulo. Ao efetuar o dimensionamento da estrutura do pavimento, deve-se levar em consideração a capacidade de carga, a resistência ao carregamento vertical e longitudinal, além das deformações resultantes destes carregamentos. Portanto a avaliação dos módulos é importante para a aplicação no campo.

De forma a corroborar com os ensaios mecânicos foi desenvolvido o ensaio de CBR, buscando o índice de suporte Califórnia. No Gráfico 5a apresenta-se a massa específica aparente seca decorrente da umidade de compactação adotada para as misturas. No Gráfico 5b os resultados do índice de suporte Califórnia e no Gráfico 5c a expansão para cada umidade de moldagem.

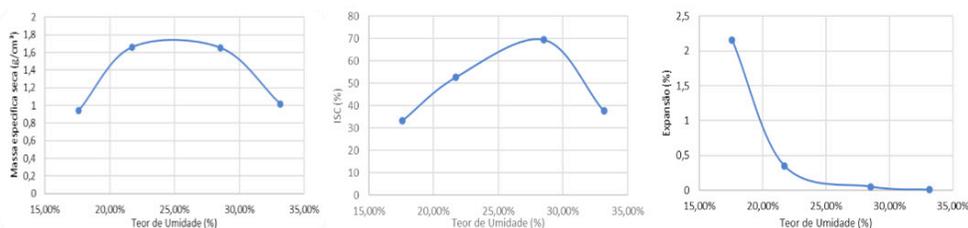


Gráfico 5: a) Massa específica aparente seca, b) Índice de Suporte Califórnia, c) Expansão.

FONTE: Autoria própria.

Baseando-se no ensaio de compactação, onde obteve-se a umidade ótima de compactação e a massa específica aparente seca máximo a ser obtida e campo, comparou-se com os resultados obtidos no ensaio de CBR, obtendo para a massa específica aparente seca máxima o valor de 1,60 g/cm³ para a umidade de 29%, Índice de suporte Califórnia de 69% e expansão de 0,2%. Todos os parâmetros encontrados são aceitáveis para aplicação da mistura como camada de base de pavimentos. Diante disso, analisou-se a ascensão capilar das misturas.

5.2 Capilaridade

A partir do ensaio de capilaridade foi possível aferir a absorção e a ascensão capilar de água nas diferentes misturas. Neste caso utilizou-se dois corpos de prova para cada mistura e com tempo de cura de 28 dias. A Tabela 1 apresenta os resultados da absorção média de água de cada mistura e o Gráfico 6, mostra os resultados médios obtidos quanto a ascensão capilar, ambos em períodos de 3, 6, 24, 48 e 72 horas.

Traço	3h	6h	24h	48h	72h
9	16,412	16,153	*	*	*
8	18,428	18,411	NI	NI	18,430
7	18,029	18,014	17,853	17,773	17,736
6	17,585	17,557	17,452	17,379	17,339
5	17,616	17,610	17,667	17,758	98,255
4	17,660	17,591	17,549	17,526	17,538
3	16,672	16,653	16,627	16,608	16,605
2	16,479	16,297	15,960	15,943	15,942
1	15,852	15,744	15,667	15,667	15,697

*: quebrado.

NI: não identificado.

TABELA 1: Absorção de água por capilaridade (g/cm²).

FONTE: Autoria própria.

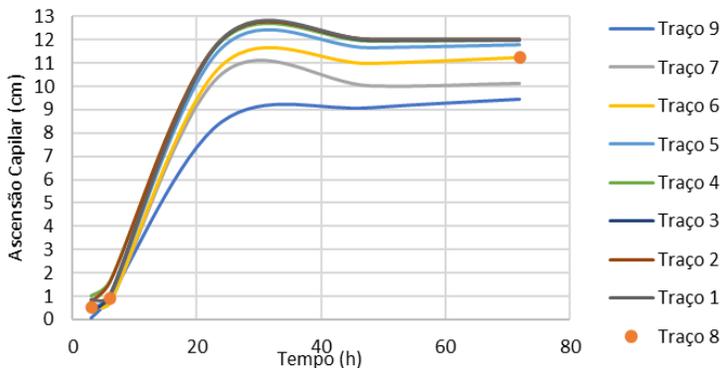


Gráfico 6: Ascensão capilar.

FONTE: Autoria própria.

Pode-se notar que quanto maior a porcentagem de RAP menor é a ascensão de água, a diferença é melhor percebida nas primeiras 3 misturas, onde as mesmas apresentaram uma diferença maior em relação as demais. A partir da mistura 4 o valor de ascensão em centímetros ocorre gradualmente quase de forma igualitária entre as amostras.

A menor ascensão capilar em misturas com maior quantidade de RAP se dá devido ao tamanho dos canalículos formados na estrutura, tornando o espaço necessário de preenchimento de água superior as misturas com maior quantidade de solo, principalmente devido ao solo ser argiloso e apresentar granulometria fina.

Ao aplicar as misturas em campo, deseja-se que as mesmas apresentem características adequadas de resistência aos esforços, de deformações elásticas e plásticas, da mesma fora de drenagem das águas. Apesar da execução de dispositivos de drenagem para escoamento das águas superficiais e das profundas, buscando a eliminação

da água do contato com as camadas inferiores do pavimento, muitas vezes não é possível a eliminação completa. Portanto adotar misturas que auxiliem ou retardem o caminhamento das águas no interior da camada é muito importante.

Diante dos resultados obtidos e da reutilização de material que hoje é um passivo ambiental, além da melhoria das vias vicinais, quanto ao conforto, segurança e durabilidade, recomenda-se a utilização das misturas com maior quantidade de RAP, porém vale ressaltar que o comportamento ao longo do tempo só será possível avaliar após o acompanhamento das pistas experimentais executadas.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É visível a influência da variação do teor de RAP nas misturas, sendo possível observar que quanto maior for a porcentagem deste material, maior será a resistência.

Para a RCS nenhuma mistura atingiu o mínimo especificado pela norma, que é de 2,1 Mpa, para bases de pavimentos rodoviários. Para vias vicinais, não há legislação que determine uma resistência mínima necessária, por isso todas as misturas poderiam ser utilizadas. Porém o melhor resultado encontrado para os 7 dias de cura foi na mistura 5, que consiste em um teor de 30% de solo e 70% de RAP.

Para a resistência à tração por compressão diametral, a resistência mínima exigida por norma para bases estabilizantes é de 0,25 MPa, para o mesmo período de cura. Desta forma, nota-se que as misturas 3, 4 e 5, obtiveram a resistência requerida, mas a que mais se destacou foi a 5. Como não há uma resistência mínima exigida para vias vicinais, aconselha-se utilizar a mistura 4 e 5.

Os módulos de elasticidades calculados através das curvas de rompimento (Tensões x Deformações), também apresentaram melhores desempenhos com as maiores porcentagens de RAP, visto que maiores valores de módulos acarretam em menores deformações nos pavimentos, característica desejável na execução dessas estruturas.

Por fim, o resíduo de pavimento fresado (RAP) misturado ao solo, mostra-se como uma opção viável para se utilizar em vias vicinais, o que torna este método uma alternativa para a diminuição dos custos e dos passivos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade do Oeste de Santa Catarina pela disponibilização da estrutura e equipamento e ao Estado de Santa Catarina, representado pela Secretaria de Estado da Educação PROGRAMA DE BOLSAS UNIVERSITÁRIAS DE SANTA CATARINA – UNIEDU ART. 171.

REFERÊNCIAS

ABDOU, Moisés Ribeiro. **Recuperação e Reforço de Pavimentos**. New Roads. Brasília, 2015. Disponível em: <https://newroads.com.br/recuperacao-e-reforco-de-pavimentos/>. Acesso em: 22 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 – **Solo: Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182 – **Solo – Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779 – **Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção da água por capilaridade - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895 – **Solo - Índice de suporte Califórnia**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53 – **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

BAESSO, D. P. GONÇALVES, F. L. R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis, 2003. 204 p. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. DER/PR - ES - P 31/05. **Pavimentação: Fresagem a frio**. Curitiba – PR. 2005.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. DEINFRA SC – ES – P – 09. **Pavimentação: reciclagem profunda de pavimentos**. Florianópolis, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 081– **Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 082 – **Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 083 – **Agregados – Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 084 – **Agregado Miúdo – Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 093 – **Solos – Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ES 098 - **Pavimentação – base estabilizada granulometricamente com utilização de solo**. Rio de Janeiro, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 122 – **Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 158 - **Misturas asfáltica – Determinação na porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet**. Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 181 – **Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – determinação da resistência à tração por compressão diametral**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 201 – **Solo-cimento – compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 202 – **Solo-cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. **Manual de Pavimentação, 2006**. Disponível em: <<https://www.unipublicabrasil.com.br/uploads/materiais/7b79b026e4a54ac5634bbf7265d3077d08082017203025.pdf>>. Acesso: 05 de fevereiro de 2019.

DE BARBA, Alexandre Filipe. **Avaliação do teor de rap no comportamento mecânico de misturas recicladas com adição de cimento**. Joaçaba, SC, 2018. Disponível em: <<http://pergamum.unoesc.edu.br/pergamumweb/vinculos/000031/00003142.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro de 2020.

HANASHIRO, F. **Importância da Manutenção e Recuperação de Estradas Vicinais**. Goiânia, 2016. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/engenharias/Estradas%20vicinais.pdf>>. Acesso em: 6 de maio de 2020.

KALLAS, B.F. **Projeto de mistura de pavimento flexível usando concreto asfáltico recuperado**. Rio de Janeiro, 1984.

NUNES, T.V.L. **Método de Previsão de Defeitos em Estradas Vicinais de Terra**. 2003, 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003 apud CRUZ, A. V. **Estradas Vicinais: Abordagem Pedológica, Geotécnica, Geométrica e de Serventia de Dois Trechos Rodoviários Não-Pavimentados no Campus da UFV – MG**. 2005, 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) □ Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

ODA, S. **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas não-pavimentadas**. 1995, 186 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

PEREIRA, Rodrigo. **Técnicas e tendências dos processos de restauração de rodovias**. Rio Grande do Sul, 21 de novembro de 2017. Disponível em:< http://www.sinicesp.org.br/boletins/realizados/2017_11_21/apresentacao3.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2020.

SANTOS, A. R.; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JR, F.; CUNHA, M. A. **Estradas Vicinais de Terra: Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. 2^a. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1988, 125 p. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

SILVEIRA, Luiz. **A Recuperação Do Pavimento Asfáltico Urbano**. São Paulo, 2014. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/61227724-A-recuperacao-do-pavimento-asfaltico-urbano.html>>. Acesso em: 09 de novembro de 2020.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 11/05/2021

Luciano Zanella

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo S.A. – IPT
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/4654570846177448>
<http://www.orcid.org/0000-0002-4380-7096>

Wolney Castilho Alves

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo S.A. – IPT
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8315511132811037>
<https://orcid.org/0000-0001-5772-2328>

RESUMO: A utilização de abastecimento predial por água de chuva exige que sejam estipuladas regras e padronizações para seu uso com vistas à redução dos riscos oferecidos aos usuários e à sua inter-relação com os demais sistemas presentes nas edificações. Para tanto foi estabelecida uma norma brasileira de referência, ABNT NBR 15527 cuja segunda revisão foi concluída em 2019. Mudanças significativas foram incorporadas na versão atual da norma e são apontadas no presente artigo. Destacam-se o aumento da abrangência de sua aplicação para ambientes rurais, a recomendação de realização de estudos preliminares de viabilidade de implantação do sistema, a inclusão da área de captação como uma unidade do sistema, alteração nos parâmetros de qualidade mínimos

de monitoramento, a remoção dos métodos de cálculo de reservatórios e orientações para padronização visual do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva, fontes alternativas, diretrizes, abastecimento complementar.

BRAZILIAN STANDARDIZATION EVOLUTION ON BUILDING SYSTEMS FOR RAINWATER HARVESTING

ABSTRACT: The use of rainwater harvesting as a non-potable water source requires the establishment of standards and procedures as a way to reduce the risks offered to users and to lay down the interrelation between rainwater harvesting system and the main water supply system present in the buildings. For this purpose, a Brazilian reference standard was established, ABNT NBR 15527, concluded in its second revision, in 2019. This paper notes the most significant changes that have been incorporated into the current version of this standard. Stand out among the main modifications: its application not only for urban environments, the recommendation to carry out preliminary feasibility implementation studies for the system, the inclusion of the rainwater catchment area as part of the system, changes in the water quality parameters, the removal of reservoir calculation methods and the setting of guidelines for rainwater system visual standardization.

KEYWORDS: Rainwater, water alternative sources, standardization, water supply.

1 | INTRODUÇÃO

Sistemas para aproveitamento de água de chuva foram concebidos em diferentes locais do mundo, em diferentes épocas e por civilizações que não haviam tido contato umas com as outras. São diversas as configurações encontradas: sistemas para uso coletivo, sistemas para uso em edificações individuais, sistemas elaborados como tática de defesa para garantir a resistência de castelos e burgos no caso de cerco durante batalhas, sistemas para possibilitar a agricultura ou mesmo sistemas que possibilitassem a obtenção e armazenamento deste elemento essencial à vida em regiões semiáridas ou desérticas (INSA, 2015; TOMAZ, 2009).

A utilização dessa tecnologia na vida moderna exige que sejam estipuladas regras e padronizações para seu uso com vistas à redução dos riscos oferecidos aos usuários e à sua inter-relação com os demais sistemas presentes nas edificações.

A primeira norma brasileira que versou diretamente sobre o aproveitamento de água de chuva foi a ABNT NBR 15527 *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*, publicada, originalmente, no ano de 2007 e que possibilitou a estruturação de um padrão funcional que permitisse que esse sistema fosse integrado aos demais sistemas prediais de forma adequada.

A supracitada norma teve uma revisão publicada em abril de 2019, após 12 anos de sua criação, com o título: ABNT NBR 15527 *Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos*.

O presente artigo tem por objetivos discutir a evolução normativa do aproveitamento de água de chuva no Brasil, apontando as principais diferenças de abordagem adotadas na revisão da norma ABNT NBR 15527, entre suas versões de 2007 e 2019, e comparar os parâmetros de qualidade de água adotados pela supracitada norma àqueles adotados pela NBR 16783 *Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações* (ABNT, 2019).

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo é baseado na análise comparativa entre a primeira e a segunda versão da norma ABNT NBR 15527, com ênfase nas principais modificações realizadas, e a relação da versão mais recente com a norma brasileira ABNT NBR 16783: *Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações*.

3 | ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS VERSÕES 2007 E 2019 DA NORMA ABNT NBR 15527

A revisão da norma ABNT NBR 15527 buscou incorporar alterações que permitissem facilitar sua interpretação e sanar críticas que haviam sido recebidas em relação à versão de 2007.

A essência da norma foi mantida, versando sobre as águas de chuva coletadas

a partir de coberturas de edificações e utilizadas para fins não potáveis, fato reforçado tanto no título, quanto nas definições apresentadas para “água de chuva” bem como para “aproveitamento de água”. Para a norma, água de chuva é definida como aquela resultante das precipitações atmosféricas e coletada somente a partir de coberturas e telhados onde não exista circulação de pessoas, veículos ou animais, ou seja, onde não ocorra atividade humana frequente, fato que assegura a obtenção de água com melhores características de qualidade que, por exemplo, aquelas obtidas em pisos a partir das chamadas águas pluviais.

Mudança significativa de foco pode ser encontrada no título da norma. Inicialmente a norma destinava-se a estabelecer o referencial técnico somente para sistemas prediais no meio urbano, não o fazendo para sistemas rurais. Este fato levava a interpretações equivocadas e bastante comuns tal como o de que a norma proibiria a utilização de água de chuva em meios não urbanos. A leitura correta que deveria ser feita é que a norma não pretendia definir requisitos e critérios para o uso não urbano da água devido a especificidades locais, deixando a critério dos projetistas e usuários adotar parâmetros que considerassem tecnicamente adequados para sistemas nessas localidades. Em sua versão mais recente, a norma não faz distinção de aplicação quanto ao meio rural ou urbano, ou seja, os requisitos presentes na norma passam a ser referenciais também para aplicações em zona rural.

Leitura similar àquela originada na aplicação ao ambiente rural deve ser dada à condição de contorno adotada e mantida na nova versão quanto ao aproveitamento da água de chuva somente para usos não potáveis. A norma não impede a utilização da água de chuva para ingestão e para outros usos potáveis, ela simplesmente não versa a respeito desse uso.

A potabilidade da água, o estabelecimento dos padrões, bem como os procedimentos de vigilância e controle são de competência do Ministério da Saúde por vias legais e não normativas.

A água de chuva, em muitos lugares, é a água de melhor qualidade que pode ser obtida, tornando-se a principal fonte de água para consumo, apesar de muitas vezes não atender ao padrão legal de potabilidade definido pela Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Reforçando o argumento, cita-se o exemplo exitoso do programa Um Milhão de Cisternas na região do semiárido brasileiro, caso não abrangido no campo de aplicação da ABNT 15527 visto que se trata de utilização para fins de ingestão.

Os usos não potáveis recomendados pela NBR15527 (ABNT, 2019) são: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos. Ainda quanto aos usos previstos, existe na norma, em sua versão mais recente, referência explícita sobre a possibilidade de usos da água de chuva para outros fins, como o resfriamento a água, desde que os parâmetros

de qualidade específicos e o tratamento necessário sejam definidos pelo profissional responsável pelo projeto do sistema ou pelos fabricantes dos equipamentos para cada situação.

Na versão revista da NBR 15527 (ABNT, 2019), o telhado ou outro tipo de cobertura passa a ser considerado como parte integrante do sistema de aproveitamento da água de chuva e recebe a denominação de área de captação. Tendo em conta essa consideração, a área de captação deve receber atenção e manutenção como qualquer outra parte integrante do sistema. Atenção especial deve ser dada quanto à presença de substâncias contaminantes na área de captação que possam alterar a qualidade da água obtida. Caso as áreas de captação estejam sob manutenção programada, devem ser desconectadas do sistema de aproveitamento de água de chuva. Produtos potencialmente danosos à saúde humana, ou que ofereçam outros tipos de risco quando empregados em atividades de manutenção, como, por exemplo, aqueles utilizados em atividades de impermeabilização, pintura, limpeza e desinfecção da área de captação, devem ser cuidadosamente manejados e/ou removidos para que no reinício das operações de aproveitamento de água de chuva sua presença seja minimizada de forma que os riscos para a qualidade da água obtida estejam em grau aceitável.

Outra forma de contaminação que ganha alerta especial na nova versão da norma é aquela proveniente das atividades circunvizinhas à área de coleta. Na versão em vigor da norma existe a recomendação que, no estudo de concepção do sistema, seja considerada a caracterização geral do local de instalação. Atividades tanto naturais quando antrópicas podem gerar contaminantes que, carregados por ação dos ventos, podem contaminar as áreas de captação. Tráfego intenso, atividades industriais geradoras de poluição do ar, queimadas, atividades agrícolas com pulverização de agroquímicos, atividades de construção que deixem o solo exposto ou gerem poeira, atividades de mineração em céu aberto são algumas das atividades humanas que podem gerar contaminantes e devem ser consideradas no estudo de concepção (ANNECCHINI, 2005). Alguns condicionantes naturais também devem ser avaliados, dentre os quais: maresia, proximidade de vegetação de grande porte ou sua existência sobre a área de captação, presença de animais com acesso à área de captação ou proximidade de rotas migratórias ou com populações animais sazonais, dentre outros.

Atenção especial também foi dedicada quanto à necessidade de soluções ou dispositivos que impeçam a entrada e proliferação de vetores no sistema de aproveitamento de água de chuva, em especial mosquitos. Quaisquer sistemas de armazenamento de água devem ser providos de dispositivos que impeçam o acesso dos mosquitos por qualquer dos seus acessos como forma de evitar que os reservatórios de águas de chuva se tornem criadouros. Tais acessos incluem a tampa, as entradas e saídas de água, extravasores, ventilação e outras formas de aberturas pelas quais a entrada de insetos e outros animais seja possível.

A possível presença de contaminantes nas áreas de captação e na atmosfera exige que o sistema de aproveitamento de água de chuva seja provido de sistema de adequação da qualidade da água. Na versão revisada da norma, esses componentes são denominados de sistema de pré-tratamento. A norma torna obrigatório que a água passe pelo pré-tratamento antes de seu armazenamento. São mencionados dois tipos de dispositivos de pré-tratamento: os dispositivos físicos de remoção, como telas e grades, responsáveis pela remoção de material sólido particulado como folhas, insetos e detritos, e os dispositivos de descarte de água de escoamento inicial, responsável pela remoção da água proveniente dos primeiros minutos de chuva que carrega consigo material fino suspenso e dissolvido. Para quaisquer dispositivos, recomenda-se que sejam duráveis, de fácil manutenção e de funcionamento automático. A nova versão da norma veda a interferência dos dispositivos de pré-tratamento no desempenho hidráulico das calhas e condutores pela redução da seção de escoamento ou restrição da vazão como forma de reduzir os riscos de ocorrência de refluxo ou transbordamento das calhas.

Diferentemente de sua primeira versão, a NBR 15527:2019 recomenda que as calhas e os condutores sejam dimensionados conforme o preconizado pela norma NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento (ABNT, 1989), mas com a adoção de período de retorno mínimo de 25 anos, dada a percepção no meio técnico de que há aumento da intensidade das precipitações nas últimas décadas com aumento da frequência de ocorrência de chuvas intensas.

A concentração dos eventos chuvosos e os períodos prolongados de estiagem que ocorrem em grande parte do território nacional brasileiro são alguns dos fatores que levaram a versão 2019 da NBR 15527 a recomendar explicitamente que seja realizada uma análise de viabilidade técnica-econômica do sistema a ser implantado. A análise da viabilidade técnica é fundamental para que o projeto e a implantação do sistema sejam bem sucedidos e a análise econômica é uma importante ferramenta no auxílio à tomada de decisão para a opção de instalação ou não do sistema, caso fatores econômicos sejam de importância fundamental.

Para os sistemas de aproveitamento de água de chuva, o reservatório costuma ser um dos componentes de maior custo (AYUB, 2007) e cujo dimensionamento é cercado de dúvidas quanto à aplicabilidade em sistemas prediais. A primeira versão da NBR 15527 informava, em seu anexo A, seis métodos possíveis para dimensionamento do volume do reservatório. Esse dimensionamento foi um dos principais alvos de crítica da primeira versão da norma, embora, em sua versão inicial, os métodos fossem citados em caráter informativo e não normativo, ou seja, apesar dos métodos serem citados na norma, o seu uso não era obrigatório. Os métodos listados tinham por premissa que o volume reservado objetivava suprir integralmente a demanda, estratégia que leva a reservatórios de capacidade bastante vantajada e diminui a viabilidade econômica da implantação do sistema. Estratégia mais adequada para viabilizar a utilização de sistemas de aproveitamento

de água de chuva é a utilização parcial dessa fonte, complementando o abastecimento com água da rede em períodos de estiagem, como na aplicação desenvolvida por Cecin et al. (2013). Após a revisão da norma, o anexo A e os métodos de dimensionamento do reservatório foram suprimidos do texto. A norma orienta que “o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia” (ABNT, 2019) e considerando o balanço hídrico local, isto é, quantidade de água de chuva possível de ser captada com base no regime pluviométrico local, na área de captação existente e considerando as perdas previstas para o sistema, frente aos usos não potáveis pretendidos.

Além do dimensionamento da capacidade do reservatório, são citados outros cuidados com esse componente como o atendimento às normas técnicas pertinentes, sua segurança estrutural, a existência de dispositivos de extravasão, esgotamento, ventilação e inspeção.

O sistema de aproveitamento de água de chuva deve ser completamente separado do sistema predial de abastecimento de água potável. O reservatório de armazenamento de água de chuva é o único ponto do sistema onde é permitida a entrada de água potável como forma de abastecimento em caráter complementar em caso de estiagem. A nova versão da norma recomenda que a alimentação de água potável no reservatório de água de chuva seja feita de forma automática e exige que haja separação atmosférica entre a entrada de água potável e o nível máximo do reservatório de água de chuva para evitar refluxo de água de chuva para a tubulação de água potável e sua consequente contaminação.

Além da separação completa entre o sistema predial de abastecimento de água potável e o sistema de aproveitamento de água de chuva, existe a exigência que as tubulações sejam claramente diferenciadas para evitar conexão cruzada no caso da necessidade de reparos. Uma das formas previstas para essa diferenciação foi a proposição, na nova versão da norma, da utilização da cor roxa (Munsell 2.5RP 3/10 ou similar) em toda a tubulação do sistema de aproveitamento de água de chuva além da identificação gráfica dos pontos de consumo com a inscrição “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Outro ponto em que as versões da norma diferem é no tocante às exigências dos parâmetros descritores de qualidade para a água do sistema de aproveitamento, segundo os usos contemplados. A primeira versão da norma preconizava valores limites para os seguintes parâmetros: coliformes totais, coliformes termotolerantes, cloro residual livre, turbidez, cor aparente e pH. A versão atual da norma tem como referências-padrão de qualidade da água captada para fins não potáveis valores inferiores a: 200 em 100 mL para *Escherichia coli*, 5,0 uT para turbidez e pH entre 6,0 e 9,0 (Tabela 1).

Parâmetro	NBR 15527:2007	NBR 15527:2019
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	-
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	-
<i>Escherichia coli</i>	-	< 200 em 100 mL
Cloro residual livre	0,5 a 3,0 mg/L	no caso de uso de cloro 0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomendado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L
Turbidez	< 2,0 uT para usos menos restritivos < 5,0 uT	< 5,0 uT
Cor aparente	< 15 uH	-
pH	6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado	6,0 a 9,0

Tabela 1 – Comparação entre os requisitos de qualidade para a água de chuva entre as versões da norma NBR 15527.

Fonte: Os autores.

A frequência mínima de verificação da qualidade da água também sofreu alterações entre as versões da norma. Para a primeira versão, a análise dos parâmetros coliformes totais e coliformes termotolerantes era semestral enquanto que para os demais parâmetros a verificação deveria ser mensal. Para a versão em vigor, a verificação dos parâmetros descritores de qualidade da água de chuva passou a ser semestral para todos os parâmetros.

A versão em vigor da norma prevê que, caso o sistema não atinja a qualidade mínima, caberá ao projetista propor tratamento complementar a ser acrescido ao sistema de modo que o padrão de qualidade seja atingido.

O aproveitamento de água de chuva é considerado como uma fonte alternativa de água, tema que também é abordado por uma norma brasileira publicada meses após a revisão da NBR 15527 (ABNT, 2019a), a NBR 16783 – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações (ABNT 2019b). Em que pese a sobreposição de aspectos entre as normas, a utilização de água de chuva continua sendo considerada em norma específica devido às características próprias das instalações e das tecnologias para tratamento da água e aos menores riscos envolvidos em sua utilização em comparação a outras fontes.

Com referência à qualidade da água, cabe ressaltar que os parâmetros de análise preconizados para a água de chuva pela NBR 15527 (ABNT, 2019a) são diferentes daqueles exigidos pela norma NBR 16783 (ABNT, 2019b). A NBR 16783 (ABNT, 2019b) tem como parâmetros de qualidade exigíveis: pH, E. coli, turbidez, DBO_{5,20}, cloro residual livre, sólidos dissolvidos totais ou condutividade elétrica e, para água proveniente do rebaixamento de lençol freático, é acrescido o parâmetro carbono orgânico total (Tabela 2).

O fato de as exigências de qualidade para o aproveitamento de água de chuva serem mais brandas que para outras fontes alternativas deve-se ao fato do menor risco potencial de contaminação das águas de chuva, se sua captação e armazenamento forem

realizadas conforme as prescrições contidas na NBR 15527 (ABNT, 2019a), em relação às águas de outras fontes alternativas, em especial às águas de reúso.

Parâmetro	NBR 15527:2019	NBR 16783:2019
Fonte	Água de chuva	Água pluvial; Água de rebaixamento de lençol freático; Água clara; Água cinza clara; Água cinza escura; Água negra e Esgoto sanitário
Escherichia coli	< 200 em 100 mL	< 200 em 100 mL
Cloro residual livre	no caso de uso de cloro 0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomentado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L	0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomentado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L
Turbidez	< 5,0 uT	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
DBO _{5,20}	-	≤ 20 mgO ₂ /L
Sólidos dissolvidos totais ou Condutividade elétrica	-	≤ 2000 mg/L ou ≤ 3200 μS/cm
Carbono orgânico total	-	< 4,0 mg/L somente para água de rebaixamento de lençol freático

Tabela 2 – Comparação entre os requisitos de qualidade para a água de chuva e demais fontes alternativas não potáveis.

Fonte: Os autores.

A diferença entre as normas quanto ao monitoramento da qualidade da água também se reflete na periodicidade da análise. A NBR 16783 (ABNT, 2019b) preconiza que a verificação da qualidade da água seja realizada em intervalos menores, variando de acordo com o parâmetro de controle e o tipo de instalação, desde verificações diárias até verificações mensais.

4 | CONCLUSÕES

A versão 2019 da ABNT NBR 15527 traz modificações importantes em relação à sua antecessora de 2007. Destacam-se como as principais modificações entre as versões: aumento da abrangência de aplicação da norma também para zonas rurais, recomendação de estudo de viabilidade técnica-econômica, avaliação das condições do entorno durante a etapa de concepção, inclusão da área de coleta como um componente do sistema de aproveitamento de água de chuva, exigência do pré-tratamento e cuidados com a água armazenada e definição de padrão visual de diferenciação da tubulação em relação ao sistema de água potável.

Destaca-se também a redução do número de parâmetros descritores da qualidade da água e alteração na frequência de verificação desses parâmetros como uma forma de facilitar a operação do sistema, sem rebaixamento significativo do nível de segurança no uso. O menor número de parâmetros, embora com os mesmos valores adotados, também pode ser notado em comparação com as exigências de qualidade realizadas pela NBR 16783 (ABNT, 2019) que trata de águas com qualidades mais complexas em sua origem como o reúso.

A remoção dos modelos de cálculo da capacidade do reservatório de água de chuva da versão de 2019, antes presentes na versão de 2007, tornou-se um incentivo à utilização do sistema de forma complementar de abastecimento e como forma de facilitar a obtenção de dimensionamento que seja técnica e economicamente mais viável.

REFERÊNCIAS

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva para Fins não Potáveis na Região Metropolitana de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2005. 150p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

_____. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro - RJ, 2007. 12 p.

_____. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro - RJ, 2019a. 14p.

_____. **NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**. Rio de Janeiro, 2019b. 19p.

AYUB, O. **Método de análise preliminar de viabilidade econômica de implantação de sistema para aproveitamento de água de chuva em residências**. Dissertação (Mestrado em Habitação). São Paulo - SP. 2007. 114p.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017**. Define os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ou legislação que vier a substituí-la. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, Suplemento, 2017. 360p.

CECIN, J. A., ZANELLA, L., ALVES, W. C. **Adoção de fontes alternativas para conservação de água no meio urbano: aproveitamento direto de precipitação de água de chuva em edifícios escolares**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves - RS. Anais... 2013.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA (ABCMAC). **Captação, Manejo e Uso de Água de Chuva**. Campina Grande – PB, Insa, 2015. 438p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**, São Paulo - SP, Navegar, 2009. 278 p.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/06/2021

Adriana Dominique da Costa Rocha de Sá

Universidade de São Paulo (USP)
Pirassununga – SP

<http://lattes.cnpq.br/4450888263929790>

Giovanni Maciel de Araújo Silva

Borges Maciel Engenharia (BME)
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/9500574095466327>

RESUMO: Há um potencial de crescimento imenso da energia eólica no mundo, uma pesquisa do N3E/MME, realizada no final de 2016, prevê que em 2050 a capacidade instalada pode chegar a 2600 GW, crescimento de 32% quando comparado com os dias atuais. Neste cenário, o Brasil está inserido no ranking mundial de capacidade de carga instalada, e a sua maior concentração vem sendo liderada pelo estado do Rio Grande do Norte, porém é estatístico que a Bahia ultrapassará em mais de 1000 MW de potência em 2018 (ABEEÓLICA, 2017). Os parques eólicos, instalados no Estado, demandam um significativo volume de serviço para a Engenharia Civil, especialmente, a etapa da fundação. O artigo construído através de pesquisas bibliográficas, plataformas atualizadas e investigações geotécnicas, expõe a solução de fundação, entre as mais usuais, para cada perfil de solo abordado, levando em consideração os aspectos geotécnicos deste, pontuando as

premissas básicas para os tipos de fundações e suas particularidades, com intuito de estabelecer uma análise entre a relação existente de um determinado teste de sondagem e a solução técnica adotada para a fundação

PALAVRAS-CHAVE: Energia Eólica. Sondagem. Solução Técnica.

MORE USUAL FOUNDATIONS OF EIND TURBINE: CHOICE BASED ON GEOTECHNICAL RESEARCH, EMPIRICAL PROCESS

ABSTRACT: There is a huge potential for wind power growth in the world, a N3E / MME survey conducted at the end of 2016 predicts that by 2050 installed capacity could reach 2600 GW, a 32% increase when compared to today. In this scenario, Brazil is included in the world ranking of installed load capacity, and its largest concentration has been led by the state of Rio Grande do Norte, but it is statistically that Bahia will exceed by more than 1000 MW in 2018 (ABEEÓLICA, 2017). The wind farms, installed in the State, demand a significant volume of service for Civil Engineering, especially the foundation stage. The article, based on bibliographical researches, updated platforms and geotechnical investigations, presents the foundation solution, among the most common, for each soil profile, taking into account the geotechnical aspects of this, punctuating the basic premises for the types of foundations and their particularities, in order to establish an analysis between the existing relationship of a given survey test and the technical solution adopted for the foundation.

KEYWORDS: Wind Growth. Technical Survey.

1 | INTRODUÇÃO

Na atualidade, a busca crescente por soluções mitigadoras a questões ambientais, relacionadas ao consumo de combustíveis fósseis, é latente. Nesta tendência, o uso de tecnologias voltadas à exploração de matrizes limpas e renováveis assumiu protagonismo, no cenário nacional e internacional.

O *ranking* global 2016 de energia eólica é liderado pela China com 34,7% da capacidade total mundial; os Estados Unidos vêm em seguida com 16,9% e o Brasil se encontra em 9º lugar com 8,72 GW ou 2,2% da eficiência (CERNE, 2017). O setor emprega cerca de 160.000 pessoas em nosso país, fornece eletricidade a uma média de 17 milhões de casas e reduz as emissões de CO₂ em aproximadamente 16 milhões de toneladas por ano (ABEEÓLICA, 2017; CERNE, 2017). E o Rio Grande do Norte é o estado com maior potência instalada e operação de 3446,86 MW advinda dos 127 parques (CERNE, 2017).

Por ser notória a relevância destas informações e aplicando na área da engenharia civil, o artigo tem o propósito de apresentar em forma de estudo de caso, as melhores soluções, como resposta técnica, para fundações de aerogeradores, considerando premissas básicas para auxiliar em tomadas de decisões e de pesquisas para profissionais e estudantes da área. Por consequência, serão expostos os dois tipos de fundações mais usuais utilizados em aerogeradores, tendo em vista a geologia local do parque; recomendado a escolha da melhor solução de fundação com base nos resultados da investigação geotécnica de João Câmara/RN e justificado esta escolha com base no Número de Golpes de Penetração à Percussão (NSPT), caracterização do solo por meio da sondagem rotativa e nas resistências das provas de carga.

2 | ENERGIA EÓLICA: CONCEITO E HISTÓRICO

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017), a energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento), é aproveitada por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos e moinhos, para trabalhos mecânicos.

No século XX, segundo Dutra (2001), a Segunda Guerra Mundial influenciou o avanço dos aerogeradores, aumentando significativamente a quantidade de pesquisas e projetos na área, já que os países desejavam economizar combustíveis fósseis.

2.1 Matriz Energética, Cenário Atual, Viabilidade e Impactos Ambientais

Nos dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2017), a matriz elétrica brasileira apresenta configuração renovável-térmica, e para a energia total gerada

no país a energia eólica tem participação significativa (Tabela 1). Esta cresce notavelmente a cada ano por tais fatores: o Brasil possui ventos de boa qualidade, constantes, sem alterações bruscas de velocidade ou direção, sobretudo na região Nordeste, por sua localização geográfica, ela recebe influência dos ventos alísios; é a segunda fonte de energia mais barata; as torres ocupam pouco espaço no solo quando instaladas; além de causar baixo impacto ambiental.

FONTE	QUANTIDADE	INFLUÊNCIA ENERGÉTICA
Hidroelétrica	93,8	61,3%
Biomassa	14,1	92%
Eólica	11,38	7,4%
PCH	5	3,3%
Gás Natural	13	8,5%
Petróleo	10	6,5%
Carvão Mineral	3,7	2,4%
Nuclear	2	1,3%

Tabela 1 – Matriz elétrica brasileira (GW) (Adaptada de ABEEÓLICA. (2017, p.3)).

2.2 Mercado: Demanda futura

O Sindicato das Empresas do Setor Energético do RN (SEERN) prevê a recuperação da demanda por energia no Brasil em 2018 e que vem acompanhando a melhora da situação econômica do país, porém, apesar das dificuldades que o país vem enfrentando política e economicamente, à procura pela energia eólica segue crescente desde 2005 (Figura 3).



Figura 2 – Evolução da capacidade instalada (Adaptado de ABEEÓLICA. (2017, p.5)).

A ABEEólica (2017) subdivide os parques instalados no Brasil em três categorias: aptos a operar, operando em teste e operando comercialmente, informa que a capacidade

total instalada no início de julho de 2017 foi de 11,38 GW e que o Rio Grande do Norte (RN) lidera a produção de energia instalada, em total operação comercial e se encontra em segundo lugar no potencial de construção e futura, conforme exposto na Tabela 2, já a Bahia (BA) está em segundo lugar quando se trata de potência instalada, com 7,6% apto a operar, 91% operando comercialmente e 1,4% operando em teste e liderando o ranking brasileiro no potencial de construção e futura.

Estado	Pot. Instalada		Pot. em Construção		Pot. Futura	
	Capacidade (MW)	nº de Parques	Capacidade (MW)	nº de Parques	Capacidade (MW)	nº de Parques
RN	3.446,9	126	1.193,60	49	4.640,50	175
BA	1.924,8	74	3.537,45	163	5.462,25	237

Tabela 2 – Demanda eólica brasileira (Adaptado de ABEEÓLICA. (2017)).

3 I EXECUÇÃO DE PARQUE EÓLICO

Uma usina eólica é constituída por um conjunto de aerogeradores ou turbinas eólicas, um edifício de comando, uma subestação elevatória, aos quais todos os aerogeradores estão ligados através de uma rede elétrica subterrânea, e caminhos de acesso a cada aerogerador (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

Para atender a construção do parque, um bom canteiro de obras é indispensável, visando o suporte necessário a todas as etapas da produção. Pode ser composto pela área administrativa, instalações de serviços de apoio, usina de concreto, pátio de estocagem (pás, naceles e Hubs), e outros que se fizerem relevantes.

Faz-se necessário, também, um plano de necessidades com as atribuições indicadas, observando o aspecto executivo da obra como condicionantes que são perceptíveis para análise prévia do acesso à obra e o estudo de movimentação do solo, por exemplo.

3.1 Plano de Necessidades

A elaboração de um programa de necessidades deve ser vista como o momento da incorporação e determinação, conforme as necessidades e expectativas dos usuários, de exigências e dados após análise de problemas, causas, desejos e possibilidades a serem satisfeitas pelo empreendimento a ser elaborado, etapa sugerida conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 13531, 1995).

Os elementos necessários ao projeto são todos os estudos preliminares contidos no levantamento, como a topografia, os dados geológico-geotécnicos, estrutura e as construções vizinhas, assim como as cargas vivas (operacionais, ambientais e acidentais) e as cargas mortas ou permanentes.

A investigação geotécnica é a etapa determinante para as soluções de projeto, nela está integrada a verificação preliminar com reconhecimento ou anteprojeto, seguida da averiguação com o projeto executivo e confirmação para liberação, atendendo as normas e especificações assim como critérios de projeto.

3.1.1 Aspectos da geologia regional e local

A formação geológica de onde estão situados os maiores parques eólicos no RN é composta pelas seguintes unidades geológicas: Suíte Intrusiva Dona Inês, Suíte Intrusiva Itaporanga, Complexo Santa Cruz, Complexo João Câmara, Formação Seridó, Formação Açu, Formação Jandaíra e Formação Barreiras (MME, 2005, p.4).

O parque eólico está situado na influência geomorfológica regional da chapada da Serra verde, formada por terrenos planos, ligeiramente elevados, localizando-se entre os Tabuleiros Costeiros de geologia sedimentar e o relevo residual chamado “Sertão das Pedras”, estendendo-se pelos municípios de João Câmara, Pedra Preta, Pedro Avelino e Parazinho (IDEMA, 2008, p.7 e p.8), com variação de 200 a 400 metros de altitude.

A geologia local do empreendimento é composta por rochas carbonáticas pertencentes a Formação Jandaíra recobertas por sedimentos terciários, aluviões e dunas quaternárias.

São calcoarenitos dolomíticos onde existe a possibilidade de ocorrência de cavernas (CRUZ et al., 2017, p. 6).

Uma vez conhecendo o mapeamento geológico é gerado uma expectativa do real tipo de solo a ser investigado através da sondagem.

3.1.2 Sondagem

A sondagem está inclusa na etapa para soluções no plano de necessidades, como objeto de estudo desse trabalho, é analisada com maior propriedade, tendo em vista que a escolha da fundação a ser utilizada é consequência do resultado da sondagem.

Sendo assim, é primordial e necessário sondar a estratificação real do solo no ponto demarcado em projeto de fundações e obras, assim como, os resultados dos ensaios laboratoriais das amostras retiradas em diferentes profundidades e as observações feitas durante todos os processos. Para as grandes estruturas deve ser feita toda a exploração adequada do subsolo local, como os objetivos de definir a natureza do solo, sua estratificação, profundidade e até mesmo o leito rochoso, obter amostras para ensaios, verificar as condições de drenagem, e posição do lençol freático e qualquer problema em relação às estruturas próximas. Desfecho conforme Das (2012).

São vários os métodos diretos utilizados, por exemplo: Percussão (SP), Trado (ST), Rotativa (SR), Trincheiras (TR) e poços de inspeção. No entanto, o estudo de caso em foco é baseado em laudos obtidos através de percussão e rotativa.

3.1.2.1 Standard penetration test (SPT)

A sondagem de simples reconhecimento ou sondagem a percussão é, de acordo com a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN, 2017, p.17), “um método para investigação de solos em que a perfuração é obtida através do golpeamento do fundo do furo por peças de aço cortantes”.

O SPT, através do método de ensaio, determina o índice (N) de resistência à penetração, que é resultado do “número de golpes correspondente à cravação de 30cm do amostrador-padrão, após a cravação inicial de 15cm” (ABNT NBR 6484, 2001, p.2). O ensaio precisará ser executado a cada metro de perfuração, após 1 metro de profundidade e devem ser colhidas amostras do solo através do amostrador padrão.

O ensaio consiste na cravação do barrilete amostrador, através do golpeamento sobre a composição do hasteamento de um martelo de 65kg caindo livremente de uma altura de 75 centímetros.

Nas investigações com SPT, usualmente, é realizado apenas um furo e mapeado em um quadro as prováveis variações das camadas do subsolo, por base de torre eólica. Baseado na normativa brasileira 6484 (2001).

3.1.2.2 Rotativa

A exploração do subsolo através da perfuração rotativa pode ser, conforme Das (2012), utilizadas nos diferentes tipos de solo, como: o arenoso, o argiloso e o rochoso com severas fissuras. Com os procedimentos de perfuração, corte e trituração do solo, ajudando no aprofundamento do furo.

É um método de investigação que utiliza um conjunto moto-mecanizado para a obtenção de amostras de materiais rochosos, contínuas e com formato cilíndrico, através de ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante (CASAN, 2017, p.29).

A sonda rotativa deve ser instalada em terreno seco e firmemente ancorada e nivelada ao solo, reduzindo a transmissão de suas vibrações para a composição da sondagem, caso o terreno esteja alagado, esta deverá ser instalada sobre plataforma flutuante firmemente ancorada, para evitar desvios e deslocamentos durante a execução (DNER, 1997).

Este ensaio tem como resultado a classificação geológica dos testemunhos de sondagem, grau de alteração e grau de fraturamento. Ambos os tipos de sondagens são os mais utilizados e confiáveis para a região, tendo em vista a formação geológica regional e local.

3.2 Obras Civas de Parque Eólico

As obras civis seguem a anatomia dos projetos geotécnicos com o sistema viário (acessos) e fundações. Estas infraestruturas diferenciam-se das obras comuns pela escala e

carregamento dinâmico. Isto pode gerar um contratempo de conformidade e especificações com fabricantes internacionais e uma complexa logística multidisciplinar.

O fluxograma da Figura 3 mapeia a implantação de uma usina eólica no Brasil que se inicia com os dados das sondagens as quais determinam a situação na natureza, prossegue com os elementos gráficos do perfil geotécnico e sucede com a determinação dos esforços atuantes. Em seguida, com todas as informações da seleção de métodos e parâmetros dos padrões técnicos e influências no dimensionamento, é tomada a decisão a qual manipula as comparações e aprovações dos parâmetros do subsolo consideradas para projeto, se a decisão não for satisfeita se faz necessário rever tais informações.

Enfim decidido, é instruído o tipo de fundação através da exposição das previsões.

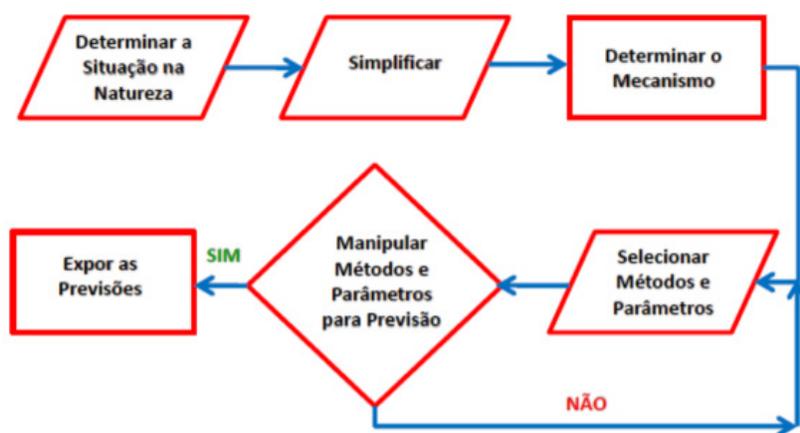


Figura 3 – Fluxograma de implantação de uma usina eólica no Brasil (ÁGUIAR. (2011, p.8)).

3.2.1 Fundações: conceito e aspecto

Com o objetivo de se auto sustentar e, principalmente, sustentar estruturas colocadas sobre as mesmas, as fundações variam entre diretas ou indiretas conforme as cargas submetidas e características do solo no qual esta será apoiada, interferindo no modo como será feita a transferência de carga da estrutura para o solo onde ela está apoiada.

Quando se trata das fundações diretas esta transmissão é feita através da base, maior área em contato com o solo, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. (ABNT NBR 6122, 2010, p. 2).

Logo, nas fundações profundas, a carga é transferida ao terreno onde ela se apoia pela superfície lateral (resistência de fuste), área de maior contato com o solo, pela base (resistência de ponta) ou o conjunto das duas. A ABNT NBR 6122 (2010, p.3) ainda esclarece que devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação

incluem-se as estacas e os tubulões.

Contudo, dependendo do subsolo local, a fundação direta (sapata) e a estaca raiz são as fundações mais usuais no RN, quando se trata de torres de captação de energia eólica.

3.2.1.1 Fundação direta: sapata

De acordo com a ABNT NBR 6122 (2010, p.2), fundação direta é o “Elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente dispostas para esse fim.” E seu dimensionamento pode ser feito através do conceito de pressão admissível ou de coeficientes de segurança parciais, havendo o dimensionamento geométrico (com as solicitações das cargas) e o de cálculo estrutural (com a rigidez, como placas ou pelo método das bielas). Afirma a norma. A sapata, estrutura apresentada na Figura 4, é um elemento de fundação flexível, por conter armadura, ao contrário do bloco, ela é executada iniciando com uma camada regularizadora de concreto que deve ser realizada, de forma a deixar plana a superfície em que será montada a armação. Em seguida as fôrmas e armações devem ser montadas e devidamente lavadas, para não haver impurezas interferindo na aderência do aço com o concreto; lembrando que o desmolde deve ser utilizado sobre a superfície interna das fôrmas logo antes da concretagem. Ao fim da concretagem, as fôrmas serão retiradas, mas o processo de cura continua com a vaporização de água sobre a estrutura.



Figura 4 – Sapata concretada (Autores. (2016)).

3.2.1.2 Estaca raiz

A norma de projeto e execução de fundações, ABNT NBR 6122 (2010, p.3), define esta estaca como um “tipo de fundação profunda executada por escavação mecânica, com

uso ou não de lama bentonítica, de revestimento total ou parcial, e posterior concretagem”.

Velloso e Lopes (2002) também descrevem o processo executivo desta estaca, na Figura 5, o qual é iniciado através da perfuração, através de processo rotativo, com circulação de água ou lama bentonítica, permitindo a locação do revestimento provisório; seguindo com a disposição da armadura e concretagem, a qual é realizada com a condução da argamassa de cimento e areia por um tubo de injeção até a ponta da estaca, e simultaneamente a retirada da argamassa que sobe pelo tubo de revestimento, ar comprimido é golpeado no furo para adensar a argamassa contra o solo, desta forma a estaca vai se moldando ao terreno escavado, favorecendo o atrito lateral.

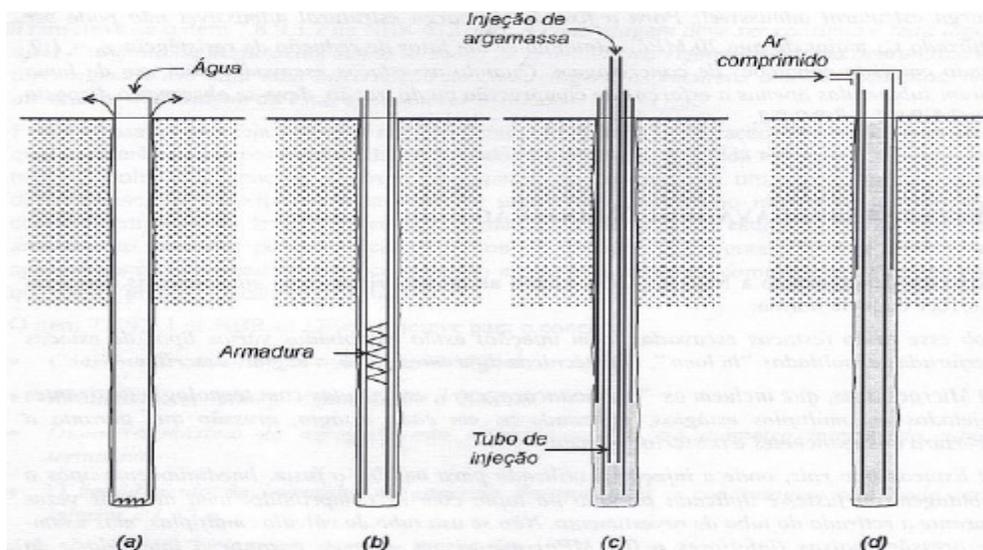


Figura 5 – Execução da estaca raiz (VELLOSO e LOPES. (2002)).

Esta estaca é recomendada para solos com matacões, rochosos, solos moles ou com presença de água, pois alcança grandes profundidades e pode ser executada de forma inclinada, resistindo a esforços horizontais.

3.2.1.3 Prova de carga estática (PCE)

De acordo com a ABNT NBR 12131 (2006, p.1) “a prova de carga consiste, basicamente, em aplicar esforços estáticos à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes. Os esforços aplicados podem ser axiais, de tração ou de compressão, ou transversais”.

Os requisitos de segurança da ABNT NBR 6122 (2010) sugerem que 1% das estacas seja submetida a esse tipo de ensaio, estas estruturas serão carregadas até a carga definida pelo projetista, ainda atendendo aos critérios de tal norma.

O ensaio do PCE é o mais indicado para prever o comportamento da capacidade de carga e recalques das fundações profundas. E pode ser realizado com carregamento lento, rápido, misto (lento seguido de rápido) ou com carregamento cíclico (lento ou rápido) para estacas submetidas a esforços axiais de compressão, cada um destes resulta em um deslocamento diferente, sendo necessário considerá-los na interpretação dos resultados. (ABNT NBR 12131, 2006, p. 5)

4 | ESTUDO DE CASO

O caso em questão é do parque eólico Modelo, implantado no município de João Câmara/RN, onde foram executadas torres de 89 a 90 metros de altura. O estudo levou em consideração os esforços atuantes nas fundações e as sondagens do terreno. Nas proximidades de onde foram executadas as sondagens expostas nas Figuras 7A, 7B e 8, não existe vizinhança, o terreno é plano e o canteiro de obras possui grandes dimensões.

As sondagens não alcançam o nível de água (N.A.), devido a sua profundidade elevada (aproximadamente 130m); estas confirmam a geologia do local (Figura 6) como sendo de rochas calcárias pertencentes a Formação Jandaíra, como descrito na geologia Regional e Local.

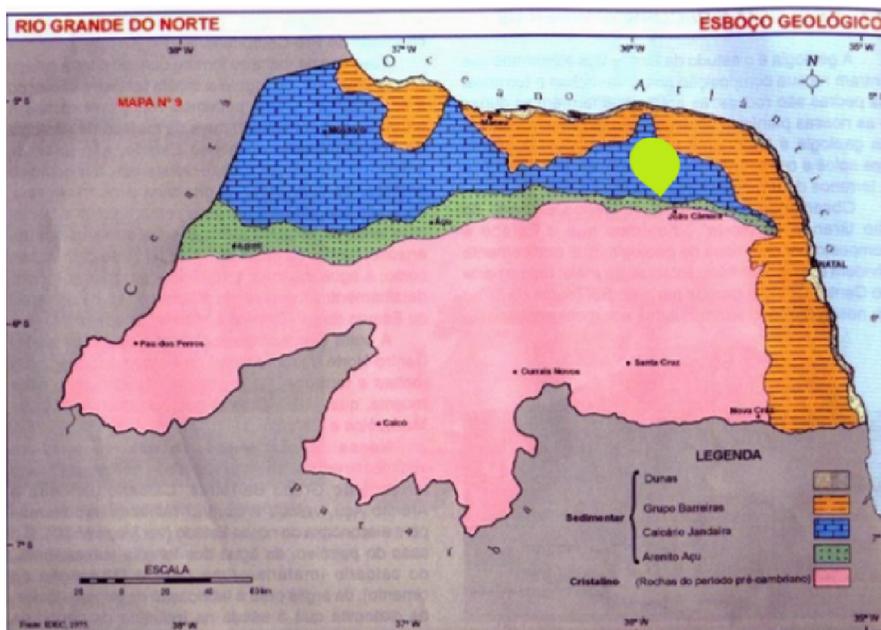


Figura 6 –Estrutura geológica do RN com a localização do empreendimento (SILVA. (2013)).

CORTEL, INDEFINIDA NOME DO M. IDENTIFICADORA				LOCAL: PARQUE SÓCIO - MODELO II		COTA: 100,00		TUBO: 100,00		MÉTRIC: 100,00		FORMA: 100,00	
MDII-6				LOCAL: JOÃO CÂMARA-RN		COTA: 100,00		MÉTRIC: 100,00		FORMA: 100,00		RECURSO:	
ESCALA: 1:100	NÚMERO DO	IDENTIFICADORA	N.º	PROFUNDIDADE DE CARGAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (anotações)	PROFUNDIDADE	PROFUNDIDADE SUBMARIAS						
				20,0	CALCÁRIO POROSO, CINZA, COMPACTO, MEDIANAMENTE ALTERADO, POUCO FRATURADO, COM PRESENÇA DE CONDIÇÕES FISSURACIONAIS, FORMAÇÃO JANDAÍRA.	28,48							

Figura 7B – Perfil de solo para sapata direta (Adaptado de SILVA. (2013)).

A sapata direta executada é circular, esta foi assente acima do N.A., não existindo, portanto, empuxo sobre a mesma. Foi definido que a sapata deveria ser apoiada sobre o solo ou alteração de rocha, quando o SPT for igual ou superior a 28 golpes. Esta exigência de SPT, também se aplica para todas as camadas de solo abaixo da cota de assentamento da sapata. Em obediência a NBR 6122/2010 (item 7.3.1) foi realizado a prova de carga sobre placa, e assim, confirmado a taxa de trabalho do solo considerado no projeto, porém os dados para uma análise de estabilidade não estavam disponíveis para o estudo.

4.2 Segundo Perfil

Analisando o subsolo da Figura 8, foi possível identificar o solo com variações de argila até a profundidade de aproximadamente 15m e rocha calcária a profundidade média, a caracterização baseada nos parâmetros geomecânicos indicam que 22% do solo é de rocha pouco alterada (A2), o que significa que as suas propriedades físicas e mecânicas são praticamente as mesmas da rocha sã; 17% de rocha extremamente alterada (A4), quebra facilmente com as mãos e é escavável à picareta e por meios mecânicos convencionais; e predominantemente de rocha extremamente alterada (A5), com 61%, podendo ser escavada por qualquer meio manual ou mecânico. Tem 78% da sua composição de rocha fraturada e seu Rock Quality Designation (RQD) de apenas 6%.

Estudando de modo geral o resultado da investigação e seus parâmetros é possível reconhecer que neste subsolo existe um solo frágil nas camadas superiores, porém, após 15,56m é encontrada rocha calcária medianamente resistente, pouco alterada, apresentando características da formação jandaíra.

dimensionamento da capacidade de resistência à tração foi calculada como 10% (dez por cento) da capacidade de resistência à compressão, desta forma o seu valor é de 16t. O programa de carregamento desenvolvido para o ensaio foi de acordo com NBR 12131/2006, através do ensaio PCE, com carregamento lento realizado sobre as estacas da fundação executada no segundo perfil (Figura 10), a opção pelo número de provas de carga, bem como a escolha do elemento ensaiado foi da empresa contratante.

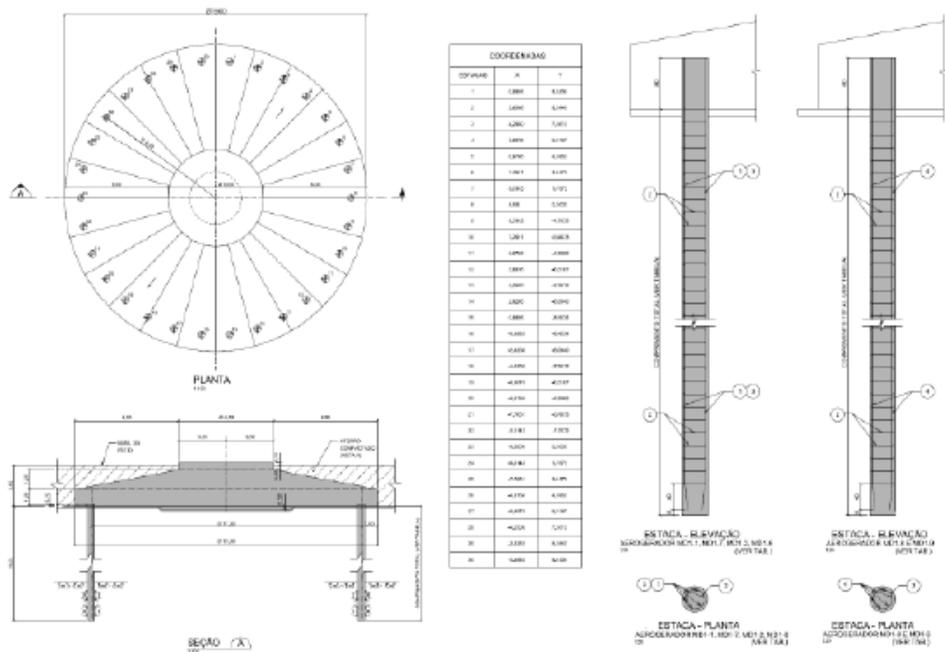


Figura 9 – Projeto da estaca (SILVA. (2013)).

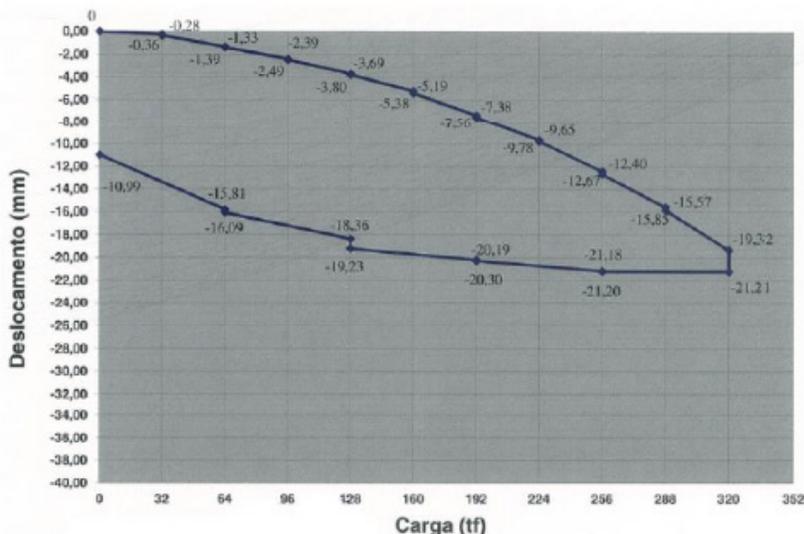


Figura 10 – Gráfico: carga *versus* deslocamento (SILVA. (2013)).

O ensaio de prova de carga se desenvolveu dentro do esperado apresentando estabilizações rápidas e deformações compatíveis com as esperadas. Com base nos resultados obtidos nas provas de carga (Figura 10), consideramos o comportamento da estaca ensaiada satisfatório e confirmamos a carga de trabalho vertical desta estaca em 160t com um coeficiente de segurança igual a 2.

5 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Com base nas características do subsolo em estudo foram analisadas duas alternativas de fundação, sendo definida como as mais viáveis no aspecto técnico. A definição de cada uma foi efetuada com base nos dados individuais de cada sondagem, levando em consideração os valores específicos de resistência e capacidade de suporte para cada profundidade analisada. Uma vez identificado o tipo de solo através da investigação geotécnica por método confiável foi definido se a fundação é direta ou estacada.

Quando o subsolo apresentar, há pequenas profundidades, um solo de alta resistência ou uma alteração de rocha, a melhor opção é uma fundação direta (sapata) sobre este solo, porém, quando apresentar solo com alta resistência ou alteração de rocha a profundidade média, a solução será em estaca tipo “escavada” como a estaca raiz.

Para o dimensionamento, sugerimos, a utilização dos dados do nível de assentamento definido pelo geotécnico, a capacidade dinâmica e estática do solo, as cargas na turbina, o tipo de *insert* e o processo construtivo.

6 | CONCLUSÃO

A fundação adequada pode ser escolhida através de eliminação, selecionando os tipos que atendam tecnicamente os perfis abordados no estudo de caso. Para ser definida a solução, deve se ter conhecimento sobre todos os elementos citados no plano de necessidades.

A partir dos relatórios de sondagens e peculiaridades gerais de um parque eólico, foi utilizado este método de seleção, que evidenciou a viabilidade técnica ou não de cada tipo de fundação como solução.

A fundação que suporta as cargas da estrutura, com a devida segurança, harmonizando todas as condições, como: o maciço de solo, os aspectos técnicos e o plano de necessidades; não abalando a integridade das circunvizinhas, decerto é a adequada.

E para obter obras mais seguras e favoráveis, como consequência, se torna relevante a associação dos projetos de estrutura e fundação em um único

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Energia Eólica**. Distrito Federal: Aneel, 2017. 18 p. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf). Acesso em: 10 jul. 2017.

ÁGUIAR, Marcos Fábio Porto de. **Casos de Estudos Geotécnicos para Fundações de Aerogeradores em Subsolos Arenosos**. Fortaleza: 2º Simpósio de Geotecnia do Nordeste, 2011. 55 slides, color.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (Brasil). **Dados Mensais: Julho 2017. ABEEólica, 2017**. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wpcontent/uploads/2017/07/Dados-Mensais-ABEEolica-07.2017.pdf>. Acesso em: 06 set. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12131: **Estacas - Prova de Carga - Método de ensaio**. Rio de Janeiro; 2006. 8 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/360346910/NBR-12131-2006-Estacas-Prova-de-Carga-Estatica-Metodo-de-Ensaio>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ABNT NBR 13133: **Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro; 1994. 35 p. Disponível em: <http://www.carto.eng.uerj.br/cdec/art/download/NBR13133.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

ABNT NBR 13531: **Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro; 1995. 10 p. Disponível em: <http://apoiodidatico.iau.usp.br/projeto3/2013/nbr13531.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2017.

ABNT NBR 6122: **Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro; 2010. 33 p. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/cons-trucaode-edificios/nbr-06122-1996-projeto-e-execucao-de-fundacoes>.

ABNT NBR 6484: Sondagem de simples reconhecimento com SPT. Rio de Janeiro; 2001. 17 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/4188892/nbr-64842001---solo---sondagens-de-simples-reconhecimento-c>. Acesso em: 25 set. 2017.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Energia Eólica no Brasil e Mundo: Minas Gerais: Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia, 2016. Color. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+Eolica+-+ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+Eolica+-+ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2). Acesso em: 23 out. 2017.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA (Rio Grande do Norte). **Energia Eólica**. 2017. Disponível em: <http://cerne.org.br/energia-eolica/>. Acesso em: 01 jul. 2017.

CRUZ, Jocy Brandão et al. Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia - Rbe**, Natal, v. 1, n. 1, p.1-24, 07 nov. 2017.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7. ed. Norte-americana: Cengage Learning, 2012. 632 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **PRO 102: Sondagem de Reconhecimento pelo Método Rotativo**. DNER, 1997. 24 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dner-pro102-97.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2017.

Dez fatos sobre energia eólica brasileira que você talvez não saiba. 2017. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/noticias/dez-fatos-sobre-energia-eolicabrasileira-que-voce-talvez-nao-saiba-2/>. Acesso em: 03 ago. 2017.

DUTRA, Ricardo Marques. **Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica Face ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro**. 2001. 334 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pproduction/tesis/rmdutra.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2017.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA (Rio Grande do Norte). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Semarh. **Perfil do seu Município**. 10. ed. Afonso Bezerra: Idema, 2008. 22 p. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000016668.PDF>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MENDES, Lígia; COSTA, Marta; PEDREIRA, Maria João. **A Energia Eólica e o Ambiente: Guia de Orientação para a Avaliação Ambiental**. Alfragide: Instituto do Ambiente, 2002. Acesso em: 02 jun. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. Secretaria de Desenvolvimento Energético. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água subterrânea Estado do Rio Grande do Norte: Diagnóstico do Município de João Câmara**. João Câmara: Ministério de Minas e Energia, 2005. 23 p. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17007/1/rel_joao_camara.pdf. Acesso em: 28 out. 2017.

SANTA CATARINA. Celso José Pereira. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Manual de Execução de Sondagens**. Florianópolis: Casan, 1997. 55 p. Disponível em: http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/manual_sondagem.pdf. Acesso em: 09 ago. 2017.

SILVA, Giovanni Maciel de Araújo. [Ensaio de SPT]. João Câmara. 2013.1 Ensaio.

SINDICATO DAS EMPRESAS DO SETOR ENERGÉTICO DO RN (Rio Grande do Norte). **Brasil aposta na recuperação demanda por energia a partir 2018**. SEERN, 2017. Disponível em: <http://seern.com.br/brasil-aposta-na-recuperacao-demanda-porenergia-a-partir-2018/>. Acesso em: 05 set. 2017.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R. **Fundações: FUNDAÇÕES PROFUNDAS**. Rio de Janeiro: Coppe-ufRJ, 2002. 451 p. 2 v.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Michely Cristina Melo Kretschmer

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3519-1284>

Paulo Roberto Nascimento de Góes

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil

Peter Ruiz Paredes

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil

André Luís Oliveira Gadelha

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil

RESUMO: A indústria da construção busca novas formas para obter mais qualidade nas suas obras e controlar o ciclo de vida de seus edifícios. Neste sentido, surge a plataforma BIM, que desenvolve um modelo virtual de todo o edifício em suas diversas etapas de construção – concepção, planejamento, construção e manutenção. Atualmente, o Governo Federal, a partir da Estratégia BIM BR, busca alcançar melhorias no setor da construção, principalmente nas obras públicas, a partir da plataforma. O objetivo deste trabalho é comparar o modelo virtual de um edifício e a utilização da plataforma BIM aos resultados esperados pela Estratégia BIM BR. Para isso, buscou-se entender a metodologia e a Estratégia. Após, realizou-se um estudo de caso, no qual foi desenvolvido o modelo virtual

de um edifício térreo com 332,46 m², realizando a modelagem paramétrica, compatibilização, planejamento e extração de quantitativos do modelo. Os resultados mostraram conflitos entre as disciplinas, como por exemplo entre uma fundação e tubulação sanitária e entre eletrodutos e vigas superiores, erros de modelagem e diferenças entre os quantitativos realizados na plataforma aos realizados da maneira usual. Notou-se que o modelo virtual consegue otimizar os projetos, aumentando a qualidade oferecida no produto final, entretanto, a utilização da plataforma requer uma capacitação profissional específica.

PALAVRAS-CHAVE: Plataforma BIM. Estratégia BIM BR; Modelo Virtual; Otimização.

ABSTRACT: The construction industry is looking for new ways to obtain more quality in its projects and to control the life cycle of its buildings. In this sense, the BIM platform emerges, which develops a virtual model of the entire building in its various construction stages – design, planning, construction and maintenance. Currently, the Federal Government, based on the BIM BR Strategy, seeks to achieve improvements in the construction sector, mainly in public projects, using the platform. The objective of this work is to compare the virtual model of a building and the use of the BIM platform to the results expected by the BIM BR Strategy. To this end, we sought to understand the methodology and the Strategy. Afterwards, a case study was carried out, in which the virtual model of a ground floor building with 332.46 m² was developed, performing the parametric modeling, compatibility, planning

and extraction of quantitative from the model. The results showed conflicts between the disciplines, such as between a foundation and sanitary piping and between conduits and upper beams, modeling errors and differences between the quantities made on the platform and those made in the usual way. It was noted that the virtual model manages to optimize the projects, increasing the quality offered in the final product, however, the use of the platform requires specific professional training.

KEYWORDS: BIM platform. BIM BR Strategy. Virtual Model. Optimization.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) depara-se atualmente com o interesse de aumentar a produtividade, a qualidade, a sustentabilidade e eficiência, considerando também a redução de custos e tempo, evitando perder informações durante todo o processo de construção. Para isso, é necessário o desenvolvimento das etapas da construção – concepção, planejamento, construção e manutenção – em colaboração entre as diversas disciplinas dedicadas a construção. Esta colaboração pode ser alcançada desenvolvendo os projetos na plataforma de Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM).

O BIM é uma tecnologia que permite a modelagem virtual da edificação, ou seja, assim que finalizado, o modelo digital contém a geometria e os dados necessários para construção. Quando a implementação é feita de forma adequada, o BIM facilita a integração entre as diversas disciplinas da construção, permitindo a visualização antecipada de erros e interferências entre os projetos, aumento de qualidade e do desempenho da construção, estimativas de custos mais precisas durante a etapa de projeto, melhorias no planejamento e na execução da construção, além de promover um melhor gerenciamento e operação das edificações após construídas [1].

Neste paradigma, em 17 de maio de 2018, o decreto nº 9.377 instituiu a estratégia nacional de disseminação do BIM, conhecido como Estratégia BIM BR. A Estratégia pretende com a difusão da plataforma gerar ganhos de qualidade nas obras públicas, reduzir prazos, redução de resíduos sólidos, aumentar a confiabilidade dos orçamentos e cronogramas, entre outros.

2 | MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO – BIM

A indústria da construção está em um processo de mudança: os projetos que antes eram bidimensionais e entregues no papel, estão dando lugar a modelos tridimensionais virtuais, ricos em dados e com capacidade de auxiliarem em diversas disciplinas de projeto [2].

Os benefícios da utilização do BIM estão disponíveis para pequenos e grandes proprietários, construtores de vários edifícios ou de edifícios únicos, principalmente porque a tecnologia continua evoluindo para alcançar o potencial completo da plataforma. A

plataforma pode abranger todo o ciclo de vida da construção, como mostra a Figura 1.

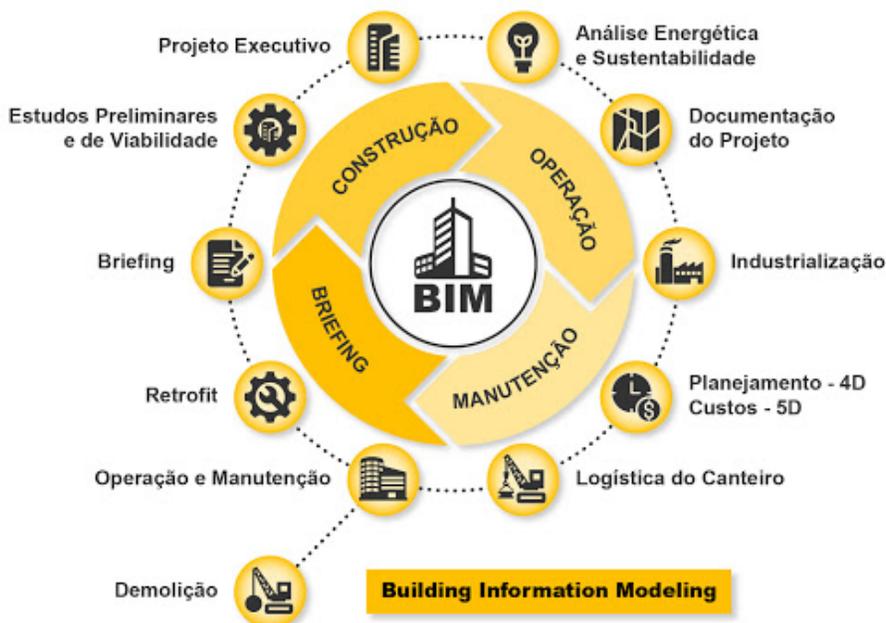


Figura 1 – Ciclo de vida BIM [3].

O processo permite a construção dos dados dos projetos – arquitetônico e complementares – e comunicação entre eles, a extração de quantitativos e visualização antecipada das etapas da obra que tornam a execução mais precisa, e por fim, auxilia na manutenção do edifício construído. O ciclo ainda permite a implementação de outras etapas, como a análise de sustentabilidade e eficiência energética.

Segundo Andrade e Ruschel [4], duas características diferenciam o BIM dos demais sistemas CAD: modelagem paramétrica e interoperabilidade. A primeira possibilita a associação de parâmetros e regras geométricas para representar objetos, além de vincular propriedades e características relacionadas ao objeto real. A segunda refere-se à integração do processo, viabilizando a colaboração de diferentes profissionais através de aplicativos computacionais.

2.1 Modelagem paramétrica

O que diferencia o modelo BIM de um modelo 3D convencional é agregação de parâmetros que podem ser ajustados na interface do programa com os componentes 3D. Neste sentido, as ideias base são a definição e controle de formas e propriedades a partir de uma classificação de parâmetros em níveis de conjunto e subconjunto, assim como no

nível objeto específico [1;2].

Os objetos paramétricos são definidos por Eastaman *et al*/[1] como a composição das definições geométricas e dados e regras associadas, sendo que a geometria é integrada e não permite incoerências. Além disso, as regras paramétricas dos objetos alteram instantaneamente as geometrias associadas, os objetos são definidos e gerenciados em diferentes níveis e conseguem exportar atributos ou conjuntos de atributos para outros modelos e aplicações. Na Tabela 1 têm-se exemplos de objetos paramétricos.

Tipo de objeto	Exemplo	Parâmetros de amostra
Objetos 2D	Círculo	Raio. Cor. Espessura de linha.
	Grade estrutural	Número X, Y e dimensões. Rotação. Tipo de vazio.
Objetos 3D	Parede	Altura. Uso estrutural. Material. Transmitância térmica e classificação sonora. Fase criada, demolida.
	Janela	Altura, largura, altura do peitoril. Fabricante. Conjunto de ferragens. Classificação de resistência ao fogo.

Tabela 1 – Exemplos de objetos paramétricos [2].

O modelo paramétrico é estruturado por famílias de objetos. Assim, diferentes categorias de um tipo de utensílio podem gerar vários objetos, com parâmetros diversos e ordenados em posições diversificadas [4].

Apesar de que existe atualmente um fornecimento crescente de objetos específicos, a maior parte das famílias de objetos oferecidas são de objetos genéricos. Por isso, as ferramentas BIM possibilitam aos usuários o desenvolvimento de suas próprias bibliotecas de famílias de objetos paramétricos. Uma vez criados, os objetos podem ser utilizados em qualquer projeto em que forem inseridos [1].

A partir das regras paramétricas, muitos projetistas conseguem associar muitos conhecimentos especializados dentro dos objetos, o que torna o modelo da construção mais exato e ajuda no desenvolvimento de outras etapas do BIM, como a análise de eficiência energética.

2.2 Interoperabilidade

Nenhum software BIM consegue sozinho desenvolver todas as atividades relacionadas aos projetos e à produção da construção. A interoperabilidade simboliza então a necessidade de comunicação de dados entre os mais diversos softwares, em vários ramos de especialização. Se há uma boa interoperabilidade, não há a necessidade de cópia de dados já gerados para outras aplicações, facilitando o fluxo de trabalho e o tornando mais automatizado [1].

Contudo, a forma como os dados são salvos internamente nos softwares pode

impossibilita o intercâmbio de arquivos. Por exemplo, um modelo BIM exportado pode conter todos os elementos que delimitam o espaço (paredes, telhado e piso), e não incluir um objeto de setorização, necessário para a modelagem de energia elétrica. Desta forma, faz-se necessário padronizar o formato do arquivo de intercâmbio de dados [2].

i. IFC

Nas ferramentas atuais, o método de comunicação mais utilizado é o IFC (em inglês, *Industry Foundation Classes*). Basicamente, os IFCs consistem em uma biblioteca de objetos e definição de propriedades. Todos os objetos em IFC são chamados de entidades. A organização estrutural das entidades IFC dá-se por camadas, sendo elas: camada de domínio, camada de interoperabilidade, camada de núcleo e camada de recursos ou entidades base, conforme a Figura 2 [5].

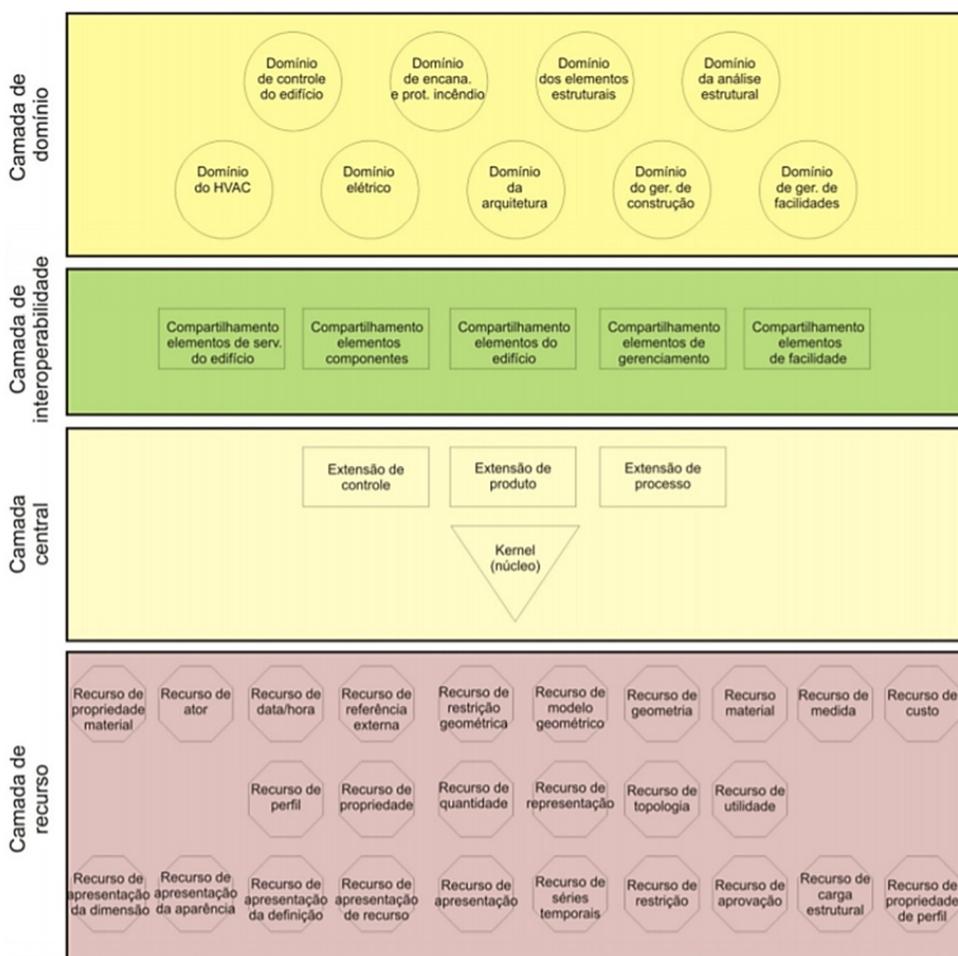


Figura 2 – Estrutura do IFC [5].

3 | BIM PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

As etapas de projeto, segundo Kensek [2], evoluem: estudos de viabilidade, desenvolvimento do projeto, projeto executivo, pré-construção, licitação, construção, gerenciamento de instalações, entre outros. Entretanto, a divisão de fases e as tarefas contidas em cada uma delas pode variar de acordo com a empresa e o escopo de cada projeto. Alguns exemplos de tarefas realizadas nas etapas de projeto são mostrados na Tabela 2.

Exemplo	Parâmetros de amostra
Atividades preparatórias	Análise do local Radiação solar Planejamento espacial
Estudos de viabilidade	Planos, seções, elevações, perspectivas Começa a criar objetos paramétricos Estimativa de custo simples
Desenvolvimento do projeto	Coordenação 2D/3D Desenvolvimento dos objetos paramétricos Análise Modelos MEP e estruturais detalhados Detecção de conflitos
Projeto executivo	Modelo completo com coordenação 2D/3D Detalhamento 2D Especificações

Tabela 2 – Exemplos da funcionalidade do modelo BIM para as etapas de projeto [2].

À medida que as etapas do projeto e a execução da obra avançam, maiores se tornam os custos para modificações e retrabalhos, como mostra a Figura 3. Assim, é necessário que haja uma gestão de projetos: uma análise de investimentos, custos e tempo no desenvolver dos projetos.

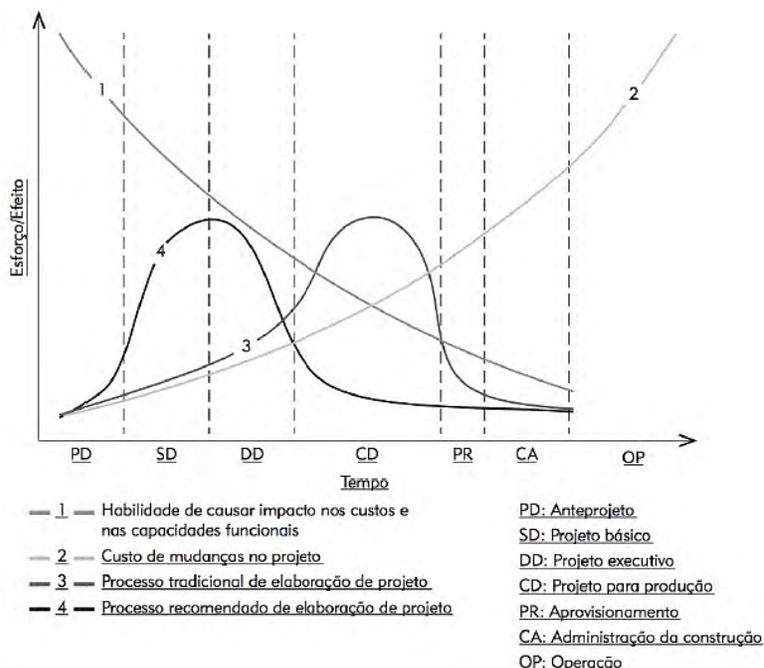


Figura 3 – Relação custo/tempo na possibilidade de modificações do projeto [1].

Para Eastman *et al* [1], a utilização do BIM na construção possibilita um melhor gerenciamento do projeto, melhorando o planejamento dos processos construtivos, reduzindo tempo e gerando uma economia dos recursos, além de agregar confiabilidade ao projeto final. Neste sentido, Kensek [2] diz que há várias formas de utilização dos recursos BIM, sendo elas classificadas em dimensões. O uso de cada dimensão depende do que se deseja alcançar com o modelo digital criado.

Na dimensão 5D, o modelo digital é composto pelo modelo paramétrico 3D das disciplinas de projeto, o tempo e a análise de custos, sendo assim utilizada para a planejamento e execução de obras, pois possibilita a visualização dos projetos e a compatibilização entre eles, o planejamento do cronograma baseado nos próprios modelos 3D, e o orçamento realizado de forma automatizada.

Os benefícios da metodologia podem ser vistos desde as primeiras etapas do projeto, quando se é possível analisar e simular diversos fatores, e depois na construção, quando o projeto proporciona uma obra com menos erros ou alterações, uma construção acelerada e automação para fabricação e aquisição de materiais. A metodologia aumenta o valor agregado do que os projetistas podem oferecer, entretanto, a implementação traz grandes desafios.

Para a implementação da metodologia, inicialmente, a empresa, ou profissional, precisa compreender a sua motivação para a mudança de forma de trabalho, então traçar

os objetivos e um plano de execução. Neste último, é importante definir as ferramentas que serão utilizadas para a aplicação da plataforma, visto que isso terá um impacto financeiro na empresa, tanto na aquisição de *softwares* quanto para capacitação profissional, e na forma de colaboração entre os profissionais [2].

4 | ESTRATÉGIA BIM BR

Implantada através do decreto nº 9.377, a Estratégia BIM BR visa:

[...] incentivar o desenvolvimento do setor de construção, trazer mais economicidade para as compras públicas e maior transparência aos processos licitatórios, além de contribuir para a otimização de processos de manutenção e gerenciamento de ativos [6, p.7].

A finalidade da Estratégia é possibilitar um ambiente adequado para utilização e disseminação da plataforma BIM no país. Com a difusão da metodologia, o Governo Federal, segundo MDIC [6, p.12] procura alcançar os seguintes resultados:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

5 | METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é comparar o modelo virtual de um edifício e a utilização da plataforma BIM aos resultados esperados pela Estratégia BIM BR. Para isto, estudou-se um projeto específico disponibilizado pela Associação dos Municípios do Acre – AMAC, uma UBS de 332,46m², primeiro projeto da instituição a ser desenvolvido em sua totalidade em *softwares* da plataforma – Autodesk Revit para o projeto arquitetônico, QiBuilder para os projetos hidrossanitário e elétrico, e Eberick para o projeto estrutural.

Realizada a modelagem das disciplinas, foram exportados os IFCs de cada uma e visualizados no *software* usBIM.viewer+ da ACCASoftware para verificar se nenhum objeto

de projeto não tenha sido exportado, posicionado de forma diferente do pretendido ou com sua forma geométrica diferente do real. No caso de erros no IFC, a exportação foi revista ou o projeto foi modificado e, então, realizou-se uma nova exportação. Os modelos exportados estavam sempre no formato IFC4.

Realizou-se então a compatibilização dos projetos no Autodesk Navisworks. A ordem de compatibilização e quais disciplinas foram consideradas majoritárias sobre a outra estão na Tabela 3.

Ordem	Disciplinas	Hierarquização
1ª	Arquitetônico x Estrutural	Arquitetônico
2ª	Arquitetônico x Hidrossanitário	Arquitetônico
3ª	Estrutural x Hidrossanitário	Estrutural
4ª	Arquitetônico x Elétrico	Arquitetônico
5ª	Estrutural x Elétrico	Estrutural
6ª	Hidrossanitário x Elétrico	Hidrossanitário

Tabela 3 – Compatibilização dos projetos.

Em seguida, na aba *timeliner* do Navisworks, foram inseridas as etapas de construção, conforme o cronograma físico disponibilizado pela AMAC. Para cada etapa foram caracterizadas as tarefas que a compunham e as datas inicial e final das tarefas. Desta forma, desenvolveu-se a simulação do modelo virtual pelo tempo previsto de seis meses de obra. Esta simulação não levou em consideração os custos envolvidos em cada etapa.

Foi extraído os quantitativos de alguns elementos do modelo virtual no *software* de desenvolvimento do projeto arquitetônico Revit, pois o orçamento disponibilizado não levou em consideração os quantitativos do modelo arquitetônico, somente as listas de materiais das outras disciplinas. Verificou-se a porcentagem de acréscimo ou decréscimo dos quantitativos do orçamento e do modelo BIM da seguinte forma:

$$\frac{\text{Quant.BIM} - \text{Quant.Orç}}{\text{Quant.Orç}} = \% \quad (1)$$

onde:

Quant.BIM = quantidade do material no modelo virtual (unidade variável).

Quant.Orç = quantidade do material no orçamento (unidade variável).

% = porcentagem de acréscimo/decrécimo da quantidade BIM em relação ao orçamento.

Através dos resultados apresentados nas etapas de compatibilização, simulação e quantitativos, realizou-se uma análise da plataforma BIM, verificando os benefícios propostos por ela nos seguintes tópicos e os comparando com os resultados da Estratégia:

- a. Visualização antecipada;
- b. Detecção de conflitos;
- c. Extração de quantitativos;
- d. Planejamento.

Por fim, foi examinado a influência da plataforma e da Estratégia para as repartições privadas e públicas e profissionais que trabalham com projetos, principalmente quanto a obtenção de novas ferramentas e a capacitação da equipe.

6 | RESULTADOS

Os IFC's mostraram erros de modelagem como peças não associadas e peças com geometria incorretas para a tubulação, conforme a Figura 4, e também falhas na exportação de certos dados, como por exemplo, as informações referentes a armadura do projeto estrutural.



Figura 4 – (a) Conexão sem peça associada; (b) Conexão com geometria incorreta para a tubulação.

Na compatibilização foram encontradas interferências entre todos os projetos, entretanto, algumas interferências eram falso-positivos, como mostra a Figura 5. Outros conflitos tinham grande relevância, como mostra a Figura 6. Todas as interferências encontradas se encontram na Tabela 4.

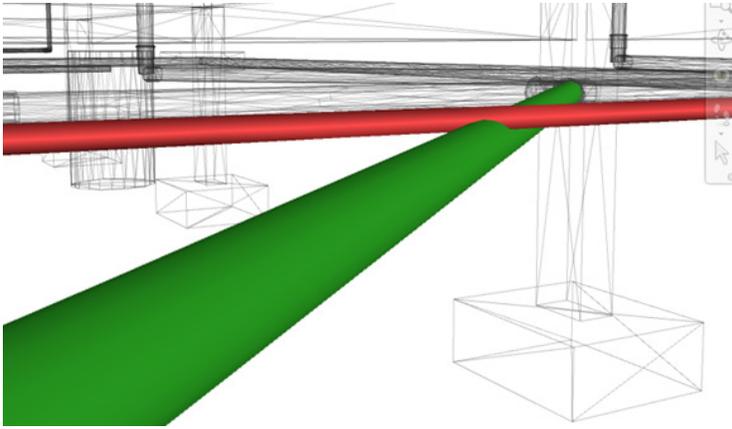


Figura 5 – Interferência falso-positivo entre tubulação de água fria e tubulação sanitária.

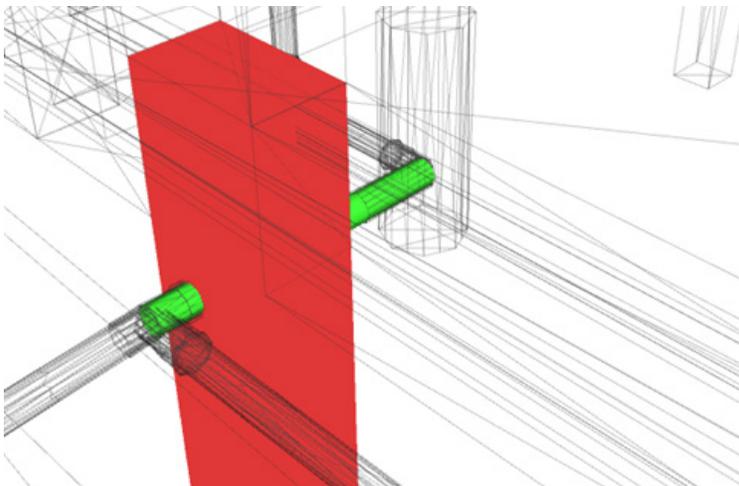


Figura 6 – Tubulação sanitária passando por parte da fundação.

Disciplinas	Interferências
Arquitetônico x Estrutural	Pilar e parede de alvenaria Pilar e porta
Arquitetônico x Hidrossanitário	Tubulação de água fria exposta Coluna de ventilação exposta
Estrutural x Hidrossanitário	Tubulação sanitária passando por um fuste
Arquitetônico x Elétrico	Caixa de passagem elétrica acima do nível da calçada Eletroduto flexível exposto Eletroduto abaixo do nível do forro
Estrutural x Elétrico	Eletroduto passando por viga
Hidrossanitário x Elétrico	Sem interferências

Tabela 4 – Lista de interferências.

Nos quantitativos certos materiais na modelagem eram diferentes dos descritos no orçamento, como a cerâmica do piso, que no orçamento era de 45x45cm, na modelagem

60x60cm para áreas secas e 30x30cm para áreas molhadas. Outros materiais não puderam ser comparados com o orçamento por não estarem na modelagem de forma apropriada, como chapisco e emboço. Na Tabela 5 mostram-se os resultados da comparação.

Material	Quant. orçamento	Quant. BIM	%
Alvenaria	635,1 m ²	677,87 m ²	7%
Pintura	1232,76 m ²	1334,31 m ²	8%
Contrapiso	293,33 m ²	297,13 m ²	1%
Cerâmica - pisos	292,69 m ²	297,13 m ²	2%
Cerâmica - paredes	116,88 m ²	144,08 m ²	23%
Forro PVC	281,27 m ²	264,09 m ²	-6%

Tabela 5 – Quantitativo BIM x Quantitativo Orçamento.

7 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

A utilização da plataforma permitiu a visualização 3D, que possibilita a execução mais precisa do modelo, visto que as interpretações no modelo 2D são mais abstratas. A visualização antecipada e comunicação entre as disciplinas permitiu a detecção de conflitos antes da construção da obra, proporcionando maior confiabilidade ao projeto executivo e ao orçamento que serão baseados nele, reduzindo gastos não previstos na execução – para as obras públicas significa redução de aditivos em decorrência de alteração no projeto.

A simulação do edifício possibilitou o planejamento da obra de forma automatizada, trazendo grandes benefícios para os cronogramas, pois auxilia no planejamento total da obra, não só para organização das atividades a serem desenvolvidas mensalmente ou semanalmente, mas também no cronograma financeiro – de acordo com a informações colocadas no modelo. Para as obras públicas significa maior credibilidade aos cronogramas oferecidos nas licitações, caracterizando melhor o desembolso mensal, além de evitar prorrogação dos prazos de conclusão e de entrega de obra.

Os objetos paramétricos mostraram-se muito eficientes para extração de quantitativos, contudo, notou-se que muitos objetos contidos no orçamento, como vergas e contravergas, não estavam presentes no modelo virtual, e outros estavam com uma especificação no modelo e outra no orçamento, como a cerâmica do piso. Neste sentido, as falhas de modelagem e compatibilização com o orçamento e a falta de uma biblioteca vasta de objetos paramétricos pode prejudicar o resultado final do modelo virtual.

Outro ponto observado é que a metodologia incentiva a qualificação dos profissionais que a utilizam, não somente na utilização dos softwares, mas também na elaboração dos projetos em si, pois a forma como o desenvolvimento do modelo ocorre – inserção de dados – promove a especialização dos profissionais nas suas disciplinas de atuação. Além disso, viabiliza a integração efetiva entre os profissionais das disciplinas contidas do modelo.

Entretanto, a plataforma é ampla, e cada profissional pode escolher como trabalhar dentro dela, assim, para que haja uma otimização efetivas das obras públicas a partir da metodologia, faz-se necessário a criação de ações e normas que incentivem a utilização da plataforma de forma a fazer modelo virtual preciso as necessidades exigidas de cada obra pública.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo ao se usar a plataforma para a construção civil é desenvolver um modelo paramétrico que contenha as informações e dados do modelo real, contribuindo para a concepção, planejamento, construção e manutenção do edifício, proporcionando um aumento de qualidade do produto oferecido.

O modelo virtual da UBS foi desenvolvido em softwares da plataforma BIM, de forma que a modelagem conteve informações capazes de fornecer os quantitativos e o cronograma, de acordo com os dados inseridos na modelagem. Constatou-se que a plataforma aumenta a qualidade do projeto executivo elaborado a partir do seu modelo virtual proporcionalmente a quantidade de informações inseridas nele e do padrão de interoperabilidade seguido pelos profissionais trabalhando no modelo.

Analisando os resultados obtidos, observou-se que a metodologia atende as propostas do Governo e conseguirá otimizar as obras públicas proporcionalmente a quantidade de informações inseridas nos modelos virtuais a serem criados. Entretanto, a implementação e utilização da plataforma traz desafios, como o desenvolvimento de uma biblioteca de objetos, capacitação profissional e custos com softwares, além de necessitar de tempo para ser amadurecida, tanto nas repartições públicas quanto nos escritórios de projeto.

Além disso, o novo formato de desenvolvimento de projeto – modelo 3D paramétrico, compatibilização, simulação, extração de quantitativos – necessita de mais tempo para ser finalizada, influenciando diretamente na rotina dos profissionais.

Em resumo, a plataforma é vantajosa tanto para o Governo, com a otimização das obras públicas e melhor investimento do dinheiro público, quanto para os profissionais, que conseguem acrescentar mais valor ao seu trabalho, contudo, necessita de um investimento inicial e colaboração entre os mais diversos profissionais que trabalham no desenvolvimento do projeto, sendo de suma importância a capacitação profissional para o bom desenvolvimento da plataforma nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

[1] EASTMAN, Chuck; et al. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

[2] KENSEK, Karen M. **Building Information Modeling BIM**: fundamentos e aplicações. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

[3] PROLI ENGENHARIA. **O que é BIM?**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.proliengenharia.com.br/bim/>. Acesso em: 30 set. 2019.

[4] ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, Ra. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2009, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: USP, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Regina_Ruschel/publication/269149277_BIM_Conceitos_Cenario_das_Pesquisas_Publicadas_no_Brasil_e_Tendencias/links/560e88ed08ae0fc513ed43df/BIM-Conceitos-Cenario-das-Pesquisas-Publicadas-no-Brasil-e-Tendencias.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

[5] ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, Rb. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, p. p.76-111, 15 dez. 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50960/55046>. Acesso em: 23 ago. 2019.

[6] MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Estratégia BIM BR**: Estratégia Nacional de disseminação do Building Information Modeling – BIM. Brasil, 2018. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 15 de ago. 2019.

Data de aceite: 01/07/2021

Ana Carolina Martins de Pádua

Libertas Faculdades Integradas

Pedro Lucio Bonifacio

Libertas Faculdades Integradas

Darlan Einstein do Livramento

Libertas Faculdades Integradas

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo principal uma análise da tecnologia BIM na construção civil nos últimos anos no país. Segundo estudos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a construção civil apresenta um baixo percentual e é um dos setores que menos adota sistemas inovadores. Esse percentual da indústria do Brasil é de 35,7%. Se tratando mais especificamente em construção civil esse número limita-se a 29,6%. Buscar alternativas inovadoras que otimize o trabalho é um importante fator nos dias atuais, pois vivemos numa era de grandes avanços tecnológicos. Sendo assim, a tecnologia BIM se torna uma alternativa positiva e muito promissora à acrescentar nos projetos e nas etapas da construção civil. BIM significa Building Information Modeling (Modelagem de Informação da Construção) é uma maneira eficiente de reunir todas as informações de uma construção de forma integrada e organizada através de um software. O conjunto de informações da construção é composto desde o modelo em si da edificação até seu orçamento. Isso facilita a elaboração e a

execução da obra, pois esta será acompanhada em todas suas etapas, além de integrar todos os dados em um único local, o seu uso também facilita o compartilhamento do projeto entre diferentes profissionais durante o processo de construção. Essa tecnologia é diretamente aplicada a países desenvolvidos, grande projetos e etc. Contudo, nos últimos anos, através das pesquisas realizadas por este trabalho, verificou-se que a BIM, está sendo agregada aos cursos de engenharia, a pesquisas academias e em execuções de obras no nosso país. De tal forma, a pesquisa apontou as principais vantagens e uma perspectiva de aplicação dessa tecnologia nos próximos anos seguida do desenvolvimento dessa área em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia, Modelagem, Construção.

BIM TECHNOLOGY IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: The present work had as its main objective an analysis of BIM technology in civil construction in recent years in the country. Civil construction presents a low percentage of innovations, according to studies by the Brazilian Institute of Geography and Statistics, it is one of the sectors that least adopts innovative systems. This percentage of the Brazilian industry is 35.7%. More specifically in civil construction, this figure is limited to 29.6%. The search for innovative alternatives that optimize the work is an important factor nowadays, because we live in an era of great technological advances. Thus, BIM technology becomes a positive and very

promising alternative to add to the projects and stages of civil construction. BIM (Building Information Modeling) is an efficient way to gather all the information of a construction in an integrated and organized way through software. The set of construction information is composed of everything from the building model itself to its budget. This facilitates the elaboration and execution of the work, because it will be followed in all its stages. Besides integrating all the data in a single place, its use also facilitates the sharing of the project among different professionals during the construction process. This technology is directly applied to developed countries, large projects, etc. However, in recent years, through the research conducted by this work, it was found that BIM is being added to engineering courses, to research academies, and in executions of works in our country. In such a way, the research pointed out the main advantages and a perspective of application of this technology in the next years followed by the development of this area in question.

KEYWORDS: Technology, Modeling, Construction.

INTRODUÇÃO

Atualmente percebemos que em toda área do conhecimento a tecnologia tem sido suporte determinante seja para o desenvolvimento econômico ou até mesmo para a permanência de algum processo ou produto. Porém na construção civil, segundo o IBGE, a média percentual anual chega a 29,6% de inovações tecnológicas, dessa forma os últimos levantamentos e estudos concluem que é necessário um aumento do uso de novas tecnologias nessa área. O setor da construção civil chega a investir cerca de 212 bilhões de reais ao ano com novas contratações e compras. É um setor de grande importância no cenário nacional.

Pensando nessa temática, um modelo de inovação que tem sido muito discutido nos últimos dez anos é o “BIM” que do inglês significa **Building Information Modeling** (Modelagem de Informação da Construção), que na prática representa uma maneira eficiente de reunir todas as informações de uma construção de forma integrada e organizada. Esse conjunto de informações da construção é tratado desde o modelo em si da edificação até seu orçamento. Esses dados são lançados em softwares específicos que têm a capacidade de acompanhar todas as etapas da obra. Outro fator importante se refere a forma de integração de todos os dados em um único lugar, nos quais, esses dados podem ser compartilhados por diferentes profissionais como: arquitetos, engenheiros, fornecedores, gerentes ambientais, clientes ou qualquer outro profissional que se fizer necessário para o projeto. Esse tipo de interação otimiza de maneira significativa a realização de obras na construção civil.

Por se tratar de uma tecnologia um pouco recente, alguns softwares mais convencionais usados para modelagem na construção civil, estão se adaptando a essa nova tecnologia. Uma descrição mais pontual, é que a modelagem passará a ser feita com dimensões tridimensionais em todas suas etapas, isso facilidade e aumenta a precisão dos

elementos envolvidos no projeto. A figura 1 se refere a interface de trabalho de um projeto utilizando a tecnologia BIM.

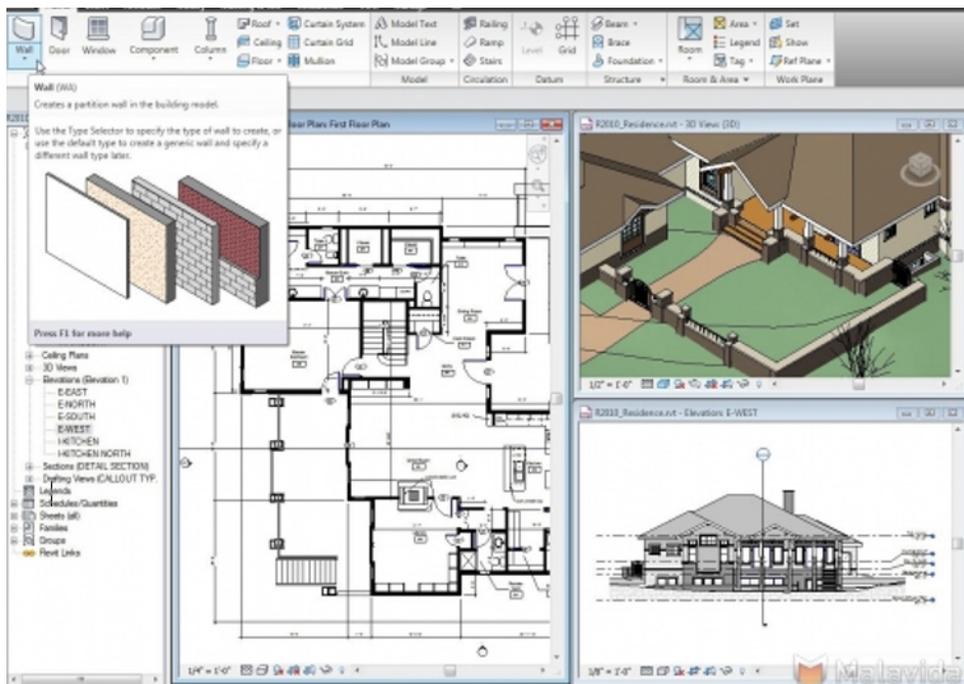


Figura 1: Área de trabalho do software com elementos tridimensionais utilizando a tecnologia BIM.

Fonte: Do autor.

Segundo o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos EUA (NIST), em 2004, a falta de interação na operação das etapas nas obras chega a gerar um custo adicional de 15,8 bilhões de dólares por ano. A logística e tempo gasto nos intervalos das etapas por cada profissional contribuem para esse fator.

A integração dos profissionais nos estudos, é apontada como um dos fatores mais importantes no uso da tecnologia BIM. A figura 2 descreve bem essa reação de compartilhamento de dados envolvidos nesse processo.



Figura 02: Imagem que representa a integração de diversas áreas na tecnologia BIM aplicada a construção civil. Ressalta-se que outros profissionais podem participais desse ciclo.

Fonte: Do autor.

Num aspecto geral, países como Reino Unido, Holanda, Dinamarca, Finlândia, Noruega e Estados Unidos da América já exigem é uma realidade o uso do BIM em projetos onerados pelo governo. No Brasil, um decreto foi sancionado em 2017, que instituiu o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling -BIM, com a finalidade de propor a estratégia nacional para disseminação do Building Information Modelling – BIM.

No estado de Santa Catarina, desde 2015, já existem licitações com obras públicas que utilize o conceito BIM. Isso reforça a tese de que, nos próximos anos grande parte do país estará usando essa tecnologia em suas edificações e construções.

METODOLOGIA

Durante o primeiro semestre de 2019 a pesquisa de revisão foi iniciada com base em um pré-projeto no qual seus objetivos foram voltados a analisar e levantar dados substâncias afim de comparar a nova tecnologia BIM nos últimos anos frente às já existentes na engenharia civil.

As bases de dados usadas foram: Science Direct, Google Academic, Scielo, periódicos da CAPES e alguns sites que alojam trabalhos científicos e acadêmicos do tema.

Esses dados foram discutidos com a turma do 5º Período de Engenharia Civil da Faculdade Libertas Integradas, na cidade de São Sebastião do Paraíso-MG.

Foi traçado um paralelo entre a evolução da tecnologia BIM e os métodos convencionais usados na construção civil. Também, foi verificado a realidade de uso dessa tecnologia na obra/mercado de trabalho. E foi feito um levantamento da pesquisa acadêmica na área nos últimos dez anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela análise do número de publicações acadêmicas foi possível verificar o aumento nas pesquisas voltadas para essa tecnologia. Além dos motivos da evolução tecnológica, um dos fatores importantes que está ajudando a técnica aumentar é a forma de subsidia-la, muita das vezes os órgãos governamentais estão investindo nela nos países desenvolvidos. Outro fator que contribuiu pelo aumento de trabalhos publicados nos últimos anos é a valorização dessa tecnologia na academia, nos cursos de engenharia através de incentivo a projetos de pesquisas.⁵

O gráfico abaixo descreve o crescente número de publicações ao longo dos anos envolvendo a tecnologia BIM.

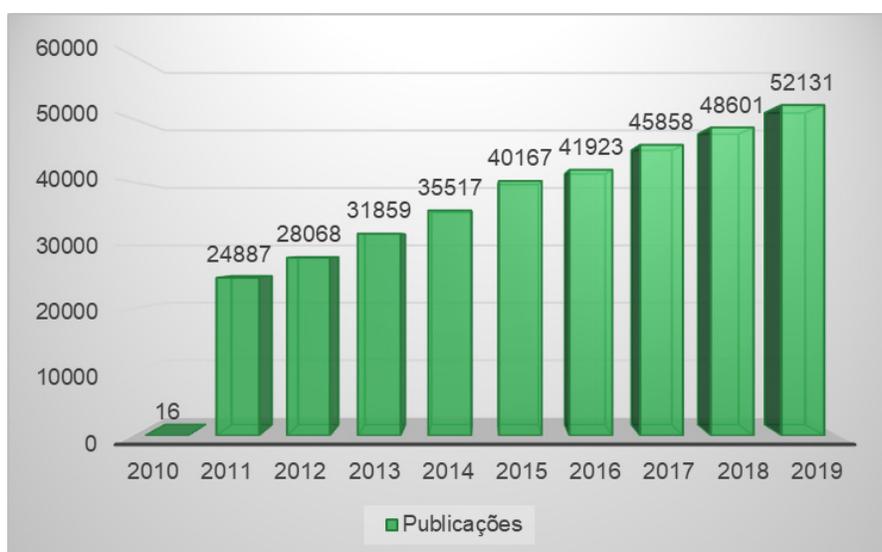


Figura 3: Levantamento de dados das publicações científicas com o termo "Building Information Modelling" na base de dados Science Direct.

Uma análise do perfil dessa tecnologia frente ao mercado de trabalho em artigos nacionais levantou alguns marcos cronológicos que ajudaram a entender melhor a evolução da técnica:

- 2000: Início dos trabalhos com BIM nos escritórios de arquitetura no país
- 2002: Contier Arquitetura: escritório pioneiro em adquirir a licença revit
- 2006: Iniciativas privadas, projetos da PUC-RJ e escritórios de arquitetura em SP.
- 2007: Primeiras pesquisas voltada a área acadêmica
- ABNT/CEE133 Formação de uma comissão especial para inclusão e estudo

do BIM

- 2011: Iniciativa publica nas pesquisas voltadas para essa área
- 2015: O estado de Santa Catarina, adota a tecnologia em projetos de obras públicas
- 2017: Decreto que institui uma comissão de estudos BIM a nível nacional para ser implantada seus usos a todo território nacional

Outro assunto importante levantado em diversas pesquisas, principalmente nos trabalhos iniciais, era a otimização do tempo em cada etapa de trabalho na construção civil nos quais seus objetivos era apontar vantagens da técnica em comparação a modelos convencionais usados (figura 4). A maioria dos artigos, remetem a comparações com modelos 2D. Mantana e colaboradores, por exemplo, concluíram que há uma otimização de até 80% no tempo de total das etapas de trabalho em toda obra.



Figura 4: A comparação da tecnologia BIM (a direita) com 2D CAD (a esquerda) , usados em modelagem da obra.

Fonte: Do autor.

CONCLUSÃO

Através dos estudos de revisão verifica-se que a tecnologia em questão está em ascensão tanto no mercado de trabalho quanto na pesquisa acadêmica. No que se refere ao cenário nacional, comparando com outros países, ainda é necessário maior investimento e maior difusão da técnica para chegar a todos estados.

Foi possível perceber que há vantagens significativas na utilização da técnica em construção civil, destacando que pode ser feita em todas suas etapas e ressaltando a importante alternativa de envolver vários profissionais na interação do projeto/trabalho.

Em termos de perspectivas, acreditamos que breve as construções feitas com BIM serão regra para as obras públicas. Isso certamente irá melhorar a eficiência, a segurança e sustentabilidade dos empreendimentos, beneficiando toda a sociedade. Além disso, essa tecnologia tem o potencial de estimular a economia e aumentar a competitividade do setor

em âmbito internacional.

Os estudos e trabalhos convergem para a **democratização do BIM**, e torná-la de alguma forma mais acessível, seja nas obras ou na academia.

Por fim, o incentivo governamental para a democratização do BIM é uma maneira eficiente para que isso ocorra, sendo que, estamos a caminho de uma nova forma de planejar, modelar e executar as etapas da obra frente a um modelo tecnológico e quem não se adaptar estará tendo perdas e ou prejuízos.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, Letícia Mendes. **Análise da aplicação da metodologia BIM no processo de orçamentação da construção civil**. 2017.

BARRETO, B. V; et. all. **O Bim no Cenário de Arquitetura e Construção Civil Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4811/2442> > Acesso em janeiro de 2019.

CAMPBELL, D. A. **Building Information Modeling: the Web3D application for AEC**. In **Proceedings of the Twelfth International Conference on 3D Web Technology**. New York, 2007.

HERNANDEZ, C.R.B. Design Procedures: **A computational Framework for Parametric Design and Complex Shapes in Architecture**, 2006. 196 p. Tese (Doutorado de filosofia na arquitetura: design e computação) – Departamento de arquitetura, Massachusetts Institute of Technology, United States, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019. Disponível em: www.ibge.gov.br/. Acesso em janeiro de 2019

LOPES, Gustavo Henrique Munhoz. Os benefícios do BIM para a construção civil. 2018.

MATTANA, Letícia; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Estratégias para ensino de orçamentação com adoção de BIM em ambiente acadêmico. **Gestão & Tecnologia De Projetos**, v. 13, n. 3, p. 97-118, 2018..

MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 7, n. 5, p. 79-98, 2019

NIST – Istituto Nacional de Padrões e Teconologias, 2019. Disponível em : <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em janeiro de 2019

QUESADO FILHO, Nelson de Oliveira et al. Plano de implantação BIM em uma microempresa de construção civil. 2021.

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de; MORAIS, Marcelo de. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 151-165, 2013.

RUSCHEL, Regina C. To BIM or not to BIM. **ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**, v. 3, 2014.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda et al. A utilização do BIM em projetos de construção civil. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 1, n. 2, p. 24-42, 2009.

SILVEIRA, T. D. A. Aplicação do sistema BIM para um projeto de habitação, 2016

PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS EM BARRAGENS

Data de aceite: 01/07/2021

Rafaela Baldí Fernandes

Doutora em Geotecnia

Instituto Brasil /MG

<http://lattes.cnpq.br/8112385181042309>

RESUMO: Conhecer o perfil da população do entorno é uma premissa importante para se estabelecer programas de comunicação sólidos entre os empreendimentos e a comunidade, evitando possíveis conflitos socioambientais. No caso da mineração, por exemplo, os empreendimentos de grande porte influenciam diretamente na rotina e dinâmica dos habitantes do entorno das minas, impactando a estrutura dos municípios e regiões próximas. As recentes rupturas envolvendo as barragens de rejeito, com centenas de vítimas fatais, degradação do entorno e impactos ambientais de longo prazo, trouxeram à tona a vulnerabilidade das comunidades que são afetadas em eventos de grande proporção, além da fragilidade da comunicação e do relacionamento entre empreendedores e seus vizinhos, norteados pelos Planos de Contingência.

PALAVRAS-CHAVE: Planos de Contingência, emergência, barragens, segurança.

ABSTRACT: Knowing the profile of the surrounding population is an important premise for establishing solid communication programs between the enterprises and the community, avoiding possible socio-environmental conflicts.

In the case of mining, for example, large enterprises directly influence the routine and dynamics of the inhabitants of the surrounding areas of the mines, impacting the structure of the municipalities and nearby regions. The recent disruptions involving tailings dams, with hundreds of fatalities, degradation of the surroundings and long-term environmental impacts, have brought to light the vulnerability of communities that are affected in large-scale events, in addition to the fragility of communication and the relationship between entrepreneurs and their neighbors, guided by the Contingency Plans.

KEYWORDS: Contingency Plan, emergency, dams, safety.

Conhecer o perfil da população do entorno é uma premissa importante para se estabelecer programas de comunicação sólidos entre os empreendimentos e a comunidade, evitando possíveis conflitos socioambientais. No caso da mineração, por exemplo, os empreendimentos de grande porte influenciam diretamente na rotina e dinâmica dos habitantes do entorno das minas, impactando a estrutura dos municípios e regiões próximas. As recentes rupturas envolvendo as barragens de rejeito, com centenas de vítimas fatais, degradação do entorno e impactos ambientais de longo prazo, trouxeram à tona a vulnerabilidade das comunidades que são afetadas em eventos de grande proporção, além da fragilidade da comunicação e do relacionamento entre

empreendedores e seus vizinhos, norteados pelos Planos de Contingência.

A comunicação com stakeholders e o relacionamento com comunidades possui nuances de responsabilidade social e devem ser consideradas no caminho da sustentabilidade como um processo estratégico. Os impactos ambientais também são sociais, como no caso de conflitos relacionados a água, principalmente a rios e nascentes, quando há redução de peixes e de afluxo de água em razão de contaminação, afetando as relações comunitárias. Ainda, questões relacionadas a fauna e flora, rebaixamento de lençol freático, uso do solo, percepção de impactos como poeiras e afins, e a parcela da participação cidadã no controle e monitoramento destes impactos.

O PSB - Plano de Segurança de Barragem, estabelecido pela PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens com a publicação da Lei nº 12.334⁽¹⁾ de 20 de setembro de 2010 é necessário para a gestão de riscos de barragens, sendo composto por um conjunto de documentos que caracterizam um empreendimento, abordando desde seu histórico de projeto e construção até os registros operacionais e de manutenção da estrutura. Como parte desta documentação, tem-se o PAE - Plano de Ação de Emergências de Barragens, cujo principal objetivo é evitar ou minimizar perdas de vidas humanas provocadas pelos efeitos hidráulicos decorrentes de uma eventual ruptura.

A Portaria DNPM nº 70.389⁽²⁾, de 17 de maio de 2017 estabeleceu como uma das responsabilidades dos empreendedores no Plano de Ação Emergencial de Barragens – PAE, fornecer aos organismos de defesa civil municipais os elementos necessários para a elaboração dos Planos de Contingência em toda a extensão do mapa de inundação. Ainda, prestar apoio técnico aos municípios potencialmente impactados nas ações de elaboração e desenvolvimento dos Planos de Contingência Municipais, realização de simulados e audiências públicas. Para as barragens de água não há definição específica das responsabilidades de elaboração e implantação, mas sabe-se que o documento também é complementar aos Planos de Ação Emergencial.

O Ministério da Integração Nacional, através da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, aprovou o Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens, através da Portaria nº 187⁽³⁾, de 26 de outubro de 2016. A PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil foi instituída pela Lei nº 12.608⁽⁴⁾, de 10 de abril de 2012. Em 2017, foram publicadas diretrizes para elaboração de Planos de Contingência e Gestão de Risco para auxiliar estados e municípios na implantação da PNPDEC.

Na revisão da PNSB, regulamentada através do texto da Lei nº 14.066⁽⁵⁾ de 30 de setembro de 2020, tem-se que, para barragens de mineração, a elaboração e implantação dos Planos de Contingência e documentos correlatos são de responsabilidade do minerador. Ainda, estabelece que é vedada a implantação de barragens de mineração cujos estudos e cenários de ruptura identifiquem a existência de comunidade na ZAS. Para estruturas existentes deverá ser feita a descaracterização da estrutura, reassentamento da população

ou obras de reforço que garantam a estabilidade efetiva das estruturas. Em Minas Gerais, a Lei Estadual nº 23.291⁽⁶⁾ de 25 de fevereiro de 2019 também traz regulamentações sobre o PAE e documentação que assegure o abastecimento de água potável às comunidades afetadas, além de resgate de atingidos e do patrimônio cultural nas áreas de ZAS – Zona de Autossalvamento.

Uma situação emergencial em barragens pode ser dividida em fase interna e externa. A primeira fase, quando a situação ainda é interna, requer ações no âmbito das responsabilidades do empreendedor, tais como averiguar e garantir as condições de operação da estrutura, segurança e estabilidade. Estes procedimentos são estabelecidos no PAE. Já a segunda fase, externa, requer que procedimentos emergenciais sejam adotados pela população em risco e pelo poder público local, que devem ser estabelecidos em Planos de Contingência Municipais a serem elaborados em conjunto com a Defesa Civil.

O Plano de Contingência (PlanCon) estabelece as ações de proteção defesa civil, organizando as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Assim, para cada uma destas ações, haverá responsabilidades específicas, integradas a um sistema de gestão sistêmica e contínua. Os principais temas a serem abordados nesse Plano são:

- Organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população para assistência a população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança
- Manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres
- Mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre
 - Realizar regularmente exercícios simulados, conforme plano de contingência de Proteção e Defesa Civil
- Promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre
- Proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres
- Estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas
- Ainda segundo o conteúdo da PNPDEC constante na Lei 12.608/12, a competência da gestão municipal na elaboração do plano de contingência inclui sua avaliação e prestação anual de contas, por meio de audiência pública e realização regular de exercícios simulados.

A elaboração dos Planos irá variar a depender da complexidade de cada estrutura, do porte do empreendimento e da extensão do dano a ser causado na ruptura. Também devem ser considerados o nível de desenvolvimento, envolvimento e aprendizado no decorrer do processo de planejamento. Um passo a passo adequado para a elaboração do Plano deve conter, no mínimo:

1. Sensibilização e envolvimento das pessoas (reunião e palestras sobre a importância e finalidade do PlanCon)
2. Formação do Grupo de Trabalho
3. Preenchimento da 1ª Parte do Plano
4. Mapeamento dos riscos
5. Construção dos cenários de riscos e hipóteses acidentais
6. Preenchimento da 2ª Parte do Plano - cada ameaça e risco envolvido é um cenário
7. Realização de reunião para apresentação do cenário mapeado
8. Envio de ficha de pesquisa para que todos os envolvidos respondam o que precisam para reestabelecer à normalidade, salvar as pessoas em risco, reestabelecer o fornecimento dos serviços essenciais (fornecimento de água, energia elétrica, reestabelecimento da condição das vias de acesso, assistência hospitalar e médica, limpeza das áreas afetadas, vacinas e cuidados com saúde pública, dentre outros pontos de importância) e prestar assistência às vítimas. Essas são as ações que devem estar descritas no Plano de Ação
9. Preenchimento da 3ª Parte do Plano
10. Apresentação do Plano ao Grupo de Trabalho
11. Aprovação do Plano pelo Grupo de Trabalho
12. Apresentação do Plano
13. Divulgação do Plano
14. Realização dos simulados de teste
15. Revisão com base nos resultados obtidos com o simulado
16. Atualização do Plano.

Os Planos de Contingência são documentos de gestão que, juntamente com o Plano de Ação Emergencial visa reduzir, principalmente, as chances de ocorrência de danos humanos em uma ação emergencial. O planejamento prévio de preparação da população exposta a um determinado risco, assim como dos agentes públicos e privados responsáveis pelas ações emergenciais, não é garantia de que acidentes não ocorram, mas aumenta as chances de preservação da integridade física da população e redução dos danos.

Os Planos de Comunicação, inerentes aos Planos de Contingência, são essenciais, mas ainda é preciso um aprofundamento nos diagnósticos sociais no

sentido de compreender a complexidade das comunidades que vivem no entorno dos empreendimentos e suas particularidades. Os trabalhos e as negociações precisam ser caso a caso e as vitórias, muitas vezes fragmentadas, precisam ser vivenciadas como pontos positivos da reconstrução do tecido social. Mais do que comunicar sobre riscos de rupturas de barragens, é preciso engajar a população, em tratativas que podem demandar tempo e, nem sempre, são garantia de sucesso imediato.

Os trabalhos de realocação de populações são conjuntos, uma tríade entre empreendedor, poder público e comunidade, e devem considerar que, na maioria das vezes, o licenciamento do empreendimento foi realizado em um momento em que não havia uma densidade populacional na área do entorno. Por questões de zoneamento do solo, muitas das vezes gerenciado e coordenado pelos órgãos públicos, tem-se uma ocupação populacional posterior, onde o legislador precisa considerar ajustes nos quesitos de responsabilidade social do empreendedor. Na maioria dos países europeus, onde temos um posicionamento forte do estado, a atuação é mais efetiva para o entendimento do risco e as boas práticas podem ser uma boa referência para o cenário brasileiro, desde que devidamente ajustadas a realidade de cada região. Os canais de comunicação, considerados vias de mão única, devem ser substituídos, na medida do possível, por canais de diálogo, onde há uma via dupla para troca de informações. A simetria de informação e o interesse conciliado entre as partes envolvidas, contribui para abordagens mais refinadas que aumentam a confiança das empresas em obter licenças sociais mais robustas e efetivas, garantindo uma bom gerenciamento dos Planos de Contingência.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Casa Civil – Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010: Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais (...). Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 16 de fev. 2021.

[2] ANM. Portaria nº 70.389 de 17 de maio de 2017: Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens (...). Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017>. Acesso em: 16 de fev. 2021.

[3] BRASIL. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Portaria nº 187 de 26 de outubro de 2016: Aprovar o Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens (...). Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/129581134/dou-secao-1-01-11-2016-pg-78>. Acesso em: 29 de abr. 2021.

[4] BRASIL. Casa Civil – Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012: Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC (...), autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres (...). Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12608.htm. Acesso em: 29 de abr. 2021.

[5] BRASIL. Casa Civil – Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020: Altera a Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 (...). Brasília, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm#art2. Acesso em: 16 de fev. 2021.

[6] BRASIL. Governo do Estado de Minas Gerais. Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019: Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?ano=2019&num=23291&tipo=LEI>. Acesso em: 16 de fev. 2021.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Nuria Pérez Gallardo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8695660515236363>

Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6722503859790070>

Alan Monteiro Borges

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3697783631620731>

Flavianny Luise Nogueira de Sousa

Universidade Federal do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8912254813326716>

Stéfane Mireles da Silva Costa

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7998042015741481>

RESUMO: A intensificação da densificação urbana vem produzindo uma concentração de edifícios nos centros urbanos que têm aumentado a incidência de impactos ambientais negativos, os quais afetam tanto no microclima urbano quanto nas temperaturas internas das habitações. A vegetação é um indicativo de qualidade

ambiental do ambiente construído devido as inúmeras propriedades que auxiliam na redução dos efeitos negativos da densificação nas urbes. O uso de vegetação na arquitetura é uma técnica capaz de proporcionar benefícios térmicos fomentando ambientes internos mais agradáveis e com maior eficiência energética. Considerando isso, esse trabalho objetiva analisar e delimitar os benefícios térmicos que os sistemas vegetais podem oferecer aos ambientes internos. Para isso, foi realizado um estudo experimental com o intuito de compreender o comportamento térmico de quatro células de teste: um protótipo sem vegetação e três protótipos com diferentes combinações nas coberturas e fachadas, instalados numa região de clima tropical, na cidade de São Carlos-SP. Com base nos registros das temperaturas superficiais internas e da temperatura interna do ar foi possível obter a diferença de temperatura entre as células de teste (2,5 °C) e mensurar capacidade da vegetação de isolar termicamente. Os resultados apontam que as células que apresentam vegetação possuem amplitudes térmicas menores, o que significa um comportamento mais constante e temperaturas mais atenuadas.

PALAVRAS-CHAVE: Comportamento térmico; Bioarquitetura; Coberturas verdes; Fachadas verdes.

REDUCING THERMAL AMPLITUDE
THROUGH GREEN TECHNOLOGY: A
CASE STUDY IN THE WINTER IN SÃO
CARLOS-SP, BRAZIL

ABSTRACT: The intensification of urban

densification has led to the concentration of buildings in urban centers that has increased the incidence of negative environmental impacts, affecting both the urban microclimate and internal housing temperatures. Vegetation is an indicator of the environmental quality of a built environment due to numerous properties that help reduce the adverse effects of densification in cities. The use of vegetation in architecture constitutes a technique capable of providing thermal benefits by promoting more pleasant indoor environments with greater energy efficiency. In this context, the present study aimed to analyze and determine the thermal benefits that plant systems can offer to indoor environments. To that end, an experimental study was carried out to understand the thermal behavior of four test cells: a prototype without vegetation and three prototypes with different combinations of plant systems on the roofs and facades, installed in a tropical climate region in the city of São Carlos-SP, Brazil. Based on the records of internal surface temperature and internal air temperature, it was possible to calculate the temperature difference among the test cells (2.5°C) and measure the vegetation's ability to thermally insulate. Our results show that the cells built with plant systems presented smaller thermal amplitudes, indicating a more constant behavior and more attenuated temperatures.

KEYWORDS: Thermal behavior; Bioarchitecture; Green roofs; Green facades.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Dinsdale, Pearen e Wilson (2006), a existência de inúmeros registros históricos revela que o uso de vegetação nas edificações é uma técnica muito antiga, já usada pelo Zigurats da Antiga Mesopotâmia (600 A.C.), devido ao rendimento térmico que esta proporciona. Conforme esses autores, figura como exemplo disto os jardins de Babilônia localizados no rio Eufrates, os quais foram construídos durante o reinado de Nabucodonosor, que ordenou tal construção com o objetivo de simular uma montanha artificial para encantar a sua esposa, a qual tinha nascido e crescido em um lugar montanhoso ao Norte do país.

Prosseguem os autores supracitados informando que nas escadas das pirâmides existiam diferentes espécies de árvores e arbustos como proteção a radiação solar. Esse é um dos primeiros exemplos dos primeiros jardins em espaços edificados pelo homem e uma das sete maravilhas do mundo, a qual cobria uma superfície de 200m² de vegetação (DINSDALE; PEAREN; WILSON, 2006).

Atualmente, segundo Zakia (2004), a escassez de vegetação nos centros urbanos, juntamente aos materiais que são utilizados nos processos de urbanização, tem alterado significativamente o clima urbano devido à incidência direta da radiação solar nas construções, transformando as cidades em estufas, fenômeno que, nas últimas décadas, tem gerado um aumento no consumo de energia para resfriamento de ambientes internos.

Desta forma, a vegetação pode ser uma alternativa para a regulação da temperatura devido as inúmeras propriedades que apresenta. Dentre seus benefícios, favorece o ambiente urbano reduzindo ilhas de calor e mitigando as consequências negativas das ações do ser humano nas atividades que realiza no cotidiano. Além disto, atenua as

temperaturas internas dos edifícios, as quais são influenciadas pelas características do espaço urbano e o clima local.

Desde o final do século XX, a construção verde tem ganhado grande popularidade em vários países europeus. Peck *et al.* (1999) afirmaram que Suíça, Holanda, Hungria, Suécia e Grã-Bretanha fomentam o uso de vegetação em edificações, assim como a cidade de Linz em Áustria, na qual o governo municipal retribui aos construtores que projetam com essa metodologia construtiva. Na Suíça, existe uma lei federal sobre tetos verdes e, na Inglaterra, apesar de ter começado lentamente, as políticas sobre esse tema tem ganhado muita importância na última década, especialmente em Londres e Sheffield (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

Assente ao tema comentado, existem lacunas importantes a serem preenchidas no campo da sustentabilidade e da eficiência térmica das edificações, centrando-se na busca de um desenho ótimo que consuma menor quantidade de energia possível durante sua vida útil e onde sua função encontre-se além de uma simples envolvente da construção.

E, uma das formas para se alcançar tal eficiência, é regular os fluxos energéticos dos edifícios, que consiste na instalação de vegetação nos arredores do mesmo, desta forma, logram-se reduzir as perdas de calor nas zonas de clima frio e o aumento dos ganhos de calor nas zonas de climas quentes (COSTA, 2007). Além disto, ainda se permite a mitigação do impacto da radiação solar e aumenta-se a umidade relativa do edifício devido a evapotranspiração das plantas.

E válido frisar o efeito estético e de amenidade visual que a vegetação pode causar nos habitantes (NICODEMO, 2009), assim a vegetação pode estar ligada inclusive a benefícios biopsíquicos, o que deveria incentivar uma retomada dos projetos urbanísticos que priorizassem a vegetação nas cidades.

O uso de vegetação na edificação, que varia desde um simples gramado até sofisticados jardins como, por exemplo, os jardins verticais hidropônicos de Patrick Blanc, pode ser uma alternativa viável devido as numerosas vantagens que oferece, não só para o acondicionamento térmico interior, como também para o médio ambiente exterior. Um edifício com envolventes vegetais se converte em um elemento vivo dentro da cidade, que incrementa as zonas verdes, gera espaços que conectam ecossistemas e favorece a fauna urbana.

Esses benefícios são devidos ao processo de evapotranspiração e fotossínteses que as plantas realizam. Mediante a evapotranspiração, a umidade ambiental sofre um aumento e conseqüentemente produz uma queda de temperatura. Além disto, através da fotossíntese, as plantas são capazes de realizar renovações de aire no entorno onde se localizam. Tudo isso, traz uma melhora do microclima das cidades atuais, caracterizadas pelas baixas porcentagens de áreas verdes e altas porcentagens de poluição.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo apresentar o comportamento térmico de quatro células de teste, instaladas em uma cidade de clima

tropical, em um dia de inverno, para demonstrar como a vegetação é capaz de atenuar as temperaturas deixando os ambientes internos mais confortáveis, desde um ponto de vista térmico.

Para isso, serão considerados parâmetros como a temperatura do ar externo e a temperatura superficial interna dos fechamentos, com o intuito de conhecer a amplitude térmica média, a qual é definida como a diferença entre as temperaturas medias máximas e mínimas (ABNT, 2003).

2 | METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CHREA), localizado em Itirapina-SP (Figura 1), e que pertence a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (Campus São Carlos) como parte da tese de doutorado da autora principal deste trabalho. É uma zona climática complexa de definir devido as ações da gênese climática, em virtude de ser uma região situada na transição de sistemas atmosféricos polares e intertropicais.



Figura 1: Localização da área de estudo. Centro de Recursos Hídricos e estudos ambientais (CRHEA/ USP).

Fonte: Gallardo, 2017.

Foram construídas quatro células de teste de dimensões 2,20 x 2,60 x 2,90m, com a mesma orientação, de maneira que, recebem por igual a radiação solar, vento ou qualquer evento atmosférico, a fim de que as condições climáticas atuem simultaneamente e com a mesma intensidade.

Para o desenvolvimento deste estudo de edificações com envolventes vegetais, foram instalados quatro protótipos experimentais, nos quais se plantou uma espécie vegetal específica nas fachadas norte, oeste e coberturas, como detalha-se na Tabela 1.

CONSTRUÇÃO	LOCALIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO
Célula controle (CC)	Sem vegetação
Célula 1 (FV)	Fachadas vegetais (N e O)
Célula 2 (CV)	Cobertura vegetal
Célula 3 (CV+FV)	Cobertura vegetal + fachadas vegetais (N e O)

Tabela 1: Células de teste detalhe coberturas.

Fonte: Gallardo, 2015.

A Célula 2 - Fachadas verdes (FV), na direção Norte e Oeste, sendo aquelas que mais recebem hora de radiação solar ao longo do dia; Célula 3 - Cobertura verde (CV) e Célula 4 - Cobertura verde e Fachadas verdes (CVFV) (Norte e Oeste), foram dispostas como mostram as Figuras 2 e 3.



Figura 2: Células de teste detalhe coberturas.

Fonte: Gallardo, 2017.



Figura 3: Células de teste Detalhe fachadas.

Fonte: Gallardo, 2017.

Para a construção das coberturas verdes, foi concretada *in situ* uma laje cerâmica pré-moldada com vigas de concreto pré-fabricado, com uma inclinação de 23% e platibandas de 0.40 m de tijolo cerâmico, para formar o cubículo onde se colocou posteriormente o substrato. O conjunto é formado por uma camada impermeável, uma geomanta, substrato extraído do próprio recinto do CRHEA e grama.

Os dados de temperaturas internas (Temperatura do Bulbo Seco (TBS) e Temperaturas Superficiais (TSI) foram mensurados com termopares instalados nas fachadas Norte e Oeste e nas coberturas, em virtude de serem as superfícies que recebem mais radiação solar durante o dia. O registro foi realizado mediante um Datalogger durante um ano completo. A Figura 4 mostra a disposição espacial dos termopares responsáveis pelas medições de temperaturas internas (TBS e TSI).

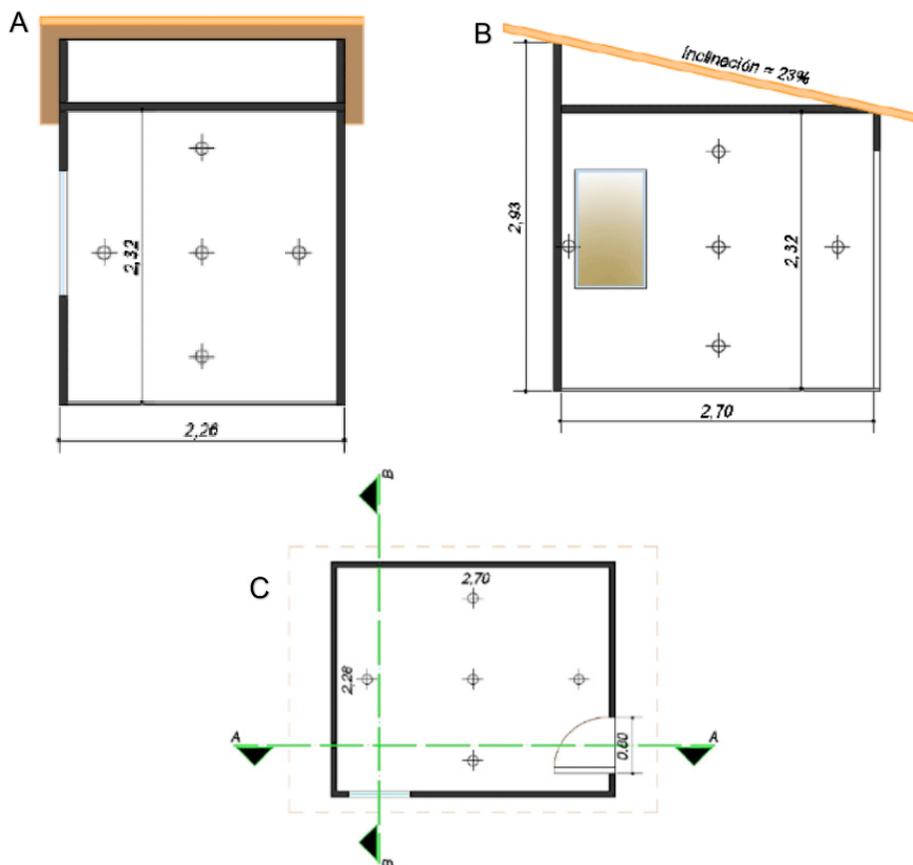


Figura 4: Disposição espacial dos termopares: A) corte vertical; B) corte lateral para visualização da largura e telhado; C) vista superior interna.

Fonte: Gallardo, 2017.

Os dados de temperatura externa, radiação solar e demais variáveis climáticas foram registradas na Estação Meteorologia Automática do CHREA (EESC-USP).

3 | RESULTADOS

Os dados climáticos externos (temperatura externa do ar, radiação solar e Umidade relativa do ar) para o dia 4 de setembro, são apresentados na Figura 5 A, B e C.

O gráfico presente na Figura 5A representa a temperatura externa do ar durante o dia de estudo. Pode-se perceber que a temperatura máxima registrada foi de 28,3°C e a temperatura mínima de 12°C. O gráfico da Figura 5B mostra a umidade relativa do ar, que atingiu seu valor máximo de 96.1% nos horários de temperaturas mínimas, enquanto que o seu valor mínimo foi de 40%, durante as horas de temperaturas mais elevadas. Por fim, o gráfico da Figura 5C apresenta a radiação solar, no qual é possível perceber,

pelo comportamento da curva, a presença de nuvens. O valor máximo de radiação solar registrado foi de 700 W/m², no mesmo horário que foi registrada a temperatura mais alta (13:00h).

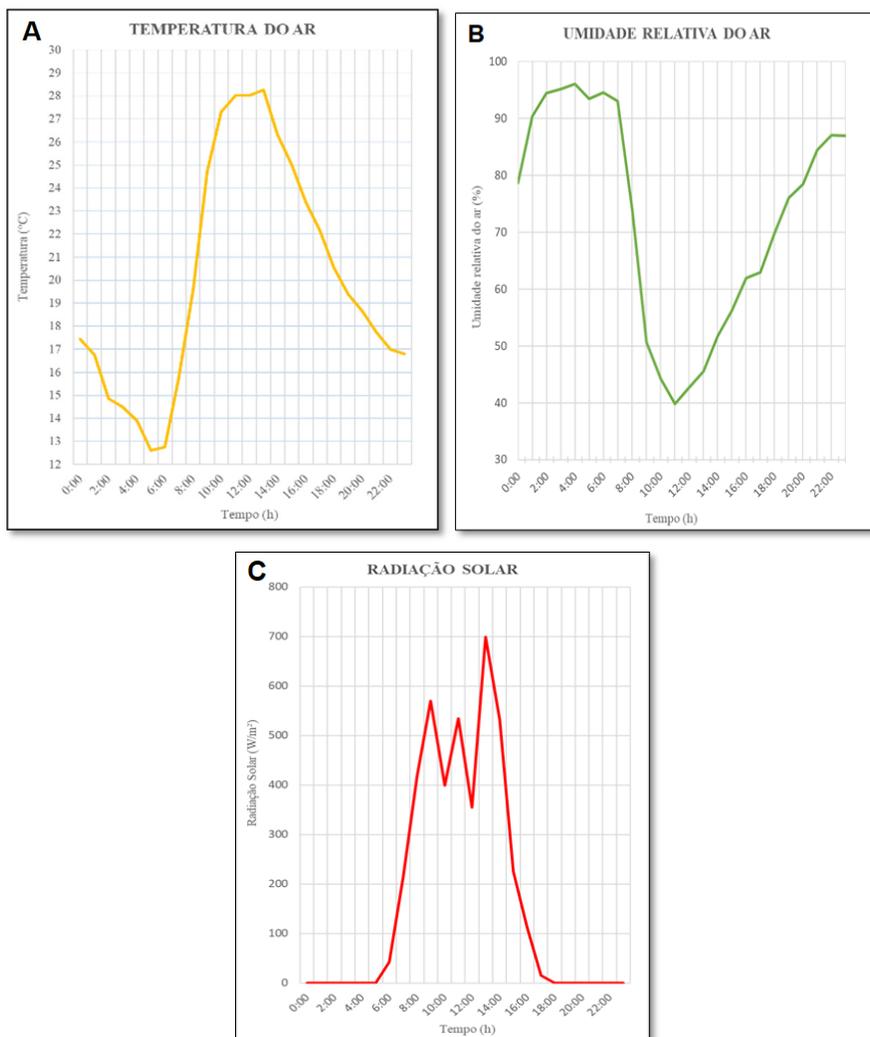


Figura 5: A: Temperaturas internas do ar; B: Umidade relativa do ar; C: Radiação solar (04/09/2015).

Fonte: Autores, 2020.

Os resultados das temperaturas internas são apresentados na Figura 6. O gráfico dessa figura A mostra as temperaturas internas do ar. Nele se observa que durante as primeiras horas do dia as temperaturas externas são mais baixas (às 8h), o comportamento de todas as células de teste se apresenta bastante aproximado, destacando como a mais

baixa a temperatura a da CC (16,5°C) e a mais elevada a da célula CV (17,2 °C).

No período vespertino, quando a temperatura externa atinge seu valor máximo (28,3°C às 14h), existe uma diferença de 2,5°C entre as temperaturas internas do ar da CC (25,5°C às 17h) e da CVFV (23°C às 17h). A célula de teste CVFV apresentou a maior atenuação da temperatura com relação à externa (5,3°C).

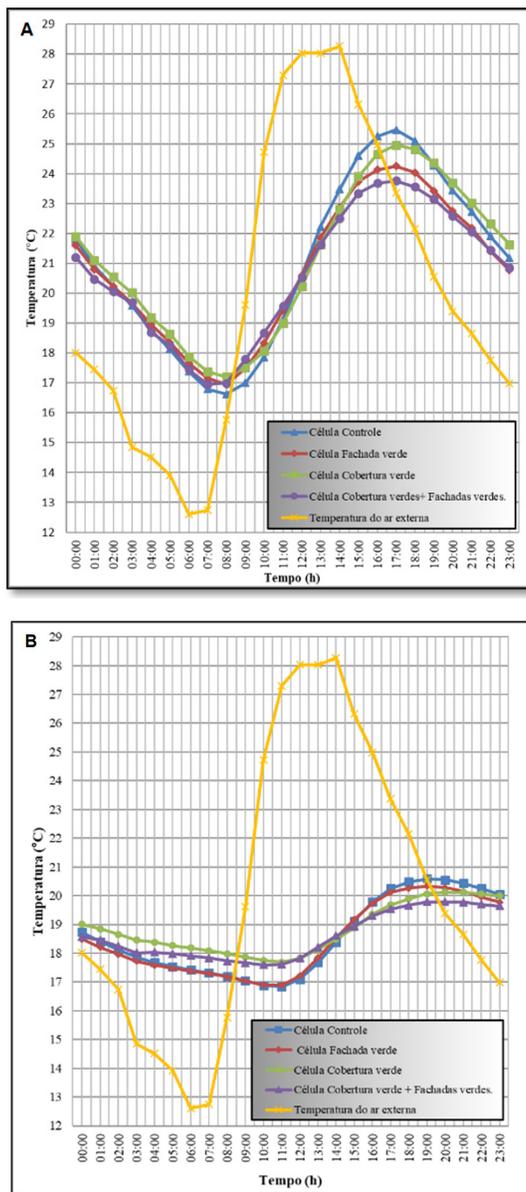


Figura 06: A: Temperaturas internas do ar; B: Temperaturas superficiais das coberturas (04/09/2015).

Fonte: Autores, 2020.

No mesmo período, as células CV e FV registraram uma temperatura do ar de 25°C e 24°C respectivamente, ou seja, uma diferença de 0,5°C e 1°C com relação a CC. O atraso térmico de todas as células de teste foi de 3h.

O gráfico B da Figura 06 representa as temperaturas superficiais internas. No período matutino, quando as temperaturas mais baixas do dia são registradas, existe uma diferença perceptível entre as temperaturas superficiais das células. A CC e a FV apresentam um comportamento idêntico e uma temperatura mínima de 17°C às 11h, sendo importante destacar que ambas possuem telhados cerâmicos, enquanto que as células equipadas com coberturas verdes, CV e CVFV, registraram uma diferença de temperatura superficial de 2°C com relação as anteriores.

No período da tarde, a maior diferença de temperatura superficial registrou-se entre as células CC e CVFV com um valor de 1°C. Entre as células restantes, a discrepância foi aproximadamente de 0,5°C.

Dessa forma, é notório que a Célula que apresenta cobertura e telhado verde comporta-se de maneira a permitir, ao menos do ponto de vista quantitativo, melhor conforto térmico, do que a Célula que não recebeu nenhum elemento vegetal para atenuação térmica. Esses resultados também podem contribuir para questões energéticas, ligadas ao controle artificial da temperatura dos elementos construtivos, por meio de eletrodomésticos.

4 | CONCLUSÕES

Nas horas do dia mais frias, no período matutino, as células que possuem vegetação apresentam as temperaturas mais altas e no período do dia mais quente, vespertino, registram as temperaturas mais baixas, ou seja, as variações de temperaturas (amplitudes térmicas) são menores, o que significa um comportamento mais constante e temperaturas mais atenuadas.

Deste modo, confirma-se que o uso de vegetação ameniza as temperaturas internas das edificações nas que foi implantada. Esta redução de temperatura pode ter consequências positivas para os usuários, tal como no sentido térmico, bem como pode-se ter no sentido econômico, uma vez que, está diretamente relacionado com o consumo de energia e eficiência energética das edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575: desempenho térmico de edificações. Parte 1- edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.** Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, S. P. **Eficiência energética em edificações e o uso de fontes alternativas de energia em projetos residenciais urbanos – estudo de casos.** Minas Gerais, 2007. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/files/MonografiaSoraya.pdf>. Acesso em: 1 de março 2020.

DINSDALE, S.; PEAREN, B.; WILSON, C. **Feasibility study for green roof application on queen's university campus.** Kingston: Queen's Physical Plant Services, 2006. p.58.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments.** Urban Ecosyst, v.11, n.4, p.385-398, Dec. 2008.

GALLARDO, N.P. **Resposta térmica de edificações com envolventes vegetais: coberturas verdes e fachadas verdes.** 2017. 123p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

NICODEMO, Maria Luiza Franceschi. **Por que manter árvores na área urbana?** [Recurso eletrônico] / Maria Luiza Franceschi Nicodemo, Odo Primavesi — Dados eletrônicos. — São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

Peck,S.,Callaghan,C.,Kuhn,M.,Bass,B.: **Greenbacks for Green Roofs: Forging a New Industry inCanada: Forging a New Industry in Canada.**Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities to GreenRoof and Vertical Garden Technology Diffusion. Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa,Canada (1999).

ZAKIA P. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído.** 2004. 100p. Tese (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 15/05/2021

Robert Davis Cavalcanti Barros

Universidade de Pernambuco
Escola Politécnica da Universidade de
Pernambuco – POLI/UPE
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-9483-2999>

Francisco Gilfran Alves Milfont

Universidade de Pernambuco
Escola Politécnica da Universidade de
Pernambuco – POLI/UPE
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-6934-3974>

RESUMO: A estrutura de uma aeronave por ser um corpo flexível, sofre deformações que podem levar a alterações na sua aerodinâmica. Estas alterações aerodinâmicas, em função da deformação estrutural, é o que caracteriza o comportamento aeroelástico. Sem um controle metodológico, este processo pode causar fenômenos físicos de instabilidade catastróficas, entre os quais o *flutter*. Este trabalho apresenta a análise de *flutter* na asa de uma aeronave não tripulada, com a finalidade de evitar este fenômeno. Para tanto, utilizou-se a metodologia apresentada por Hodges, a qual leva em conta os cálculos dos momentos, como o torçor e o de inércia, considerando a teoria do fluxo constante. Considerou-se também, as recomendações da norma JAR VLA, utilizada para fins de

comparações. Ensaios foram realizados para determinar as propriedades mecânicas do material estrutural, necessários para a análise. Este estudo permitiu que fosse previsto no projeto de uma aeronave não tripulada o fenômeno do *flutter*, a fim de atender aos requisitos do protótipo para a competição nacional SAE Brasil AeroDesign, da equipe TENPEST, da POLI-UPE.
PALAVRAS-CHAVE: Aeroelasticidade, Flutter, AeroDesign.

ANALYSIS OF THE FLUTTER PHENOMENON IN AN UNMANNED AIRCRAFT

ABSTRACT: The structure of an aircraft, as a flexible body, undergoes deformations that can lead to changes in its aerodynamics. These aerodynamic changes, due to the structural deformation, are what characterize the aeroelastic behavior. Without methodological control, this process can cause catastrophic physical phenomena of instability, such as flutter. This work presents the analysis of flutter on the wing of an unmanned aircraft to avoid this phenomenon. We used the methodology presented by Hodges, which considers the moment calculations, such as the torsor and the inertia, considering the constant flow theory. It was also considered the recommendations of the JAR VLA standard, used for comparison. Tests were carried out to determine the mechanical properties of the structural material necessary for the analysis. This study allowed the flutter phenomenon to be foreseen in the design of an unmanned aircraft to meet the requirements of the prototype for the national competition SAE Brasil AeroDesign,

from the TENPEST team, from POLI-UPE.

KEYWORDS: Aeroelasticity, Flutter, AeroDesign.

1 | INTRODUÇÃO

A estrutura de uma aeronave por ser um corpo flexível, sofre deformações que podem levar a alterações na sua aerodinâmica. Estas alterações aerodinâmicas, em função da deformação estrutural, é o que caracteriza o comportamento aeroelástico.

Aeroelasticidade é um ramo da Engenharia Aeroespacial, que estuda as interações das forças de inércia, elásticas e aerodinâmicas agindo, simultaneamente, na estrutura de um corpo. Essas forças são as responsáveis pelas deformações por flexão, torção ou pela combinação destas. Esses efeitos podem alterar bastante os requisitos do projeto aerodinâmico da aeronave, interferindo nas áreas de desempenho, estruturas, cargas, estabilidade e controle de voo (DOWELL, 2005).

Portanto, sem um controle metodológico, este processo pode causar fenômenos físicos de instabilidade catastróficas, tais como: *flutter*, divergência, redistribuição de cargas, reversão de comandos, cargas de rajadas e *buffeting* (DOWELL, 2005).

O *flutter* é um fenômeno aeroelástico dinâmico, ou seja, trata-se de dois ou mais modos de vibração, auto-excitados, de um sistema, devidamente alterada e realimentada pelo escoamento de um fluido. Pode vir a causar oscilações de amplitude que crescem exponencialmente levando a estrutura à falha (Hodges, 2011).

Este trabalho tem como objetivo apresentar a análise de *flutter* na asa de uma aeronave não tripulada, com a finalidade de evitar este fenômeno.

2 | METODOLOGIA

Para evitar o fenômeno de *flutter*, utilizou-se a metodologia apresentada por Hodges (2011), a qual leva em conta os cálculos dos momentos, como o torçor e o de inércia, considerando a teoria do fluxo constante, uma condição na qual as propriedades do fluido, em cada ponto do sistema, não mudam com o tempo. Considerou-se também, as recomendações da norma JAR VLA (1972), utilizada para fins de comparações, por ser um método que, apesar de não considerar o momento de inércia, calcula uma velocidade mínima para que ocorra o *flutter*. Ensaios foram realizados para determinar as propriedades mecânicas do material estrutural, necessários para a análise.

Para o *flutter*, foi utilizado o modelo dinâmico da análise aeroelástica de uma superfície sustentadora através da seção típica, como esquematizado na Figura 01, considerando 2 graus de liberdade: a translação e rotação da seção típica, segundo Hodges (2011), calculadas pelas equações 01 e 02.:

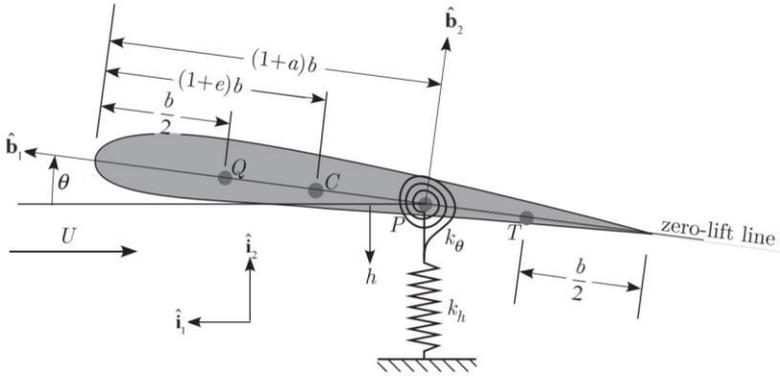


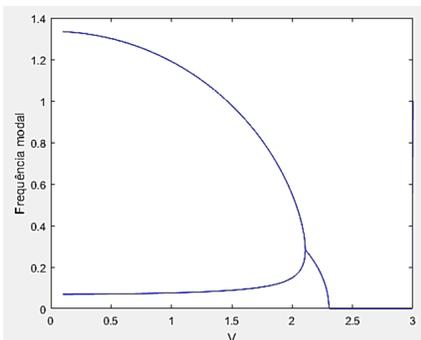
Figura 1 – Modelo da seção típica.

Fonte: Hodges (2011).

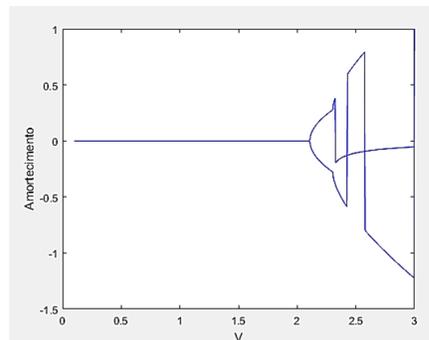
$$\begin{bmatrix} p^2 + \frac{\sigma^2}{V^2} & x_\theta p^2 + \frac{2}{\mu} \\ x_\theta p^2 & r^2 p^2 + \frac{r^2}{V^2} - \frac{2}{\mu} \left(a + \frac{1}{2} \right) \end{bmatrix} \quad \text{Eq. 01}$$

$$\begin{aligned} r^2 &= \frac{I_P}{mb^2} & \sigma &= \frac{\omega_h}{\omega_\theta} \\ \mu &= \frac{m}{\rho\pi b^2} & V &= \frac{U}{b\omega_\theta} \end{aligned} \quad \text{Eq. 02}$$

O cálculo de U_F , velocidade crítica de *flutter*, foi efetuado utilizando o método da *seção típica*, resolvendo o determinante da matriz da primeira equação, e encontrando o menor valor da velocidade reduzida V , em que as frequências modais $\frac{\Omega}{\omega_\theta}$ coincidem e o valor do fator de amortecimento $\frac{\Gamma}{\omega_\theta}$ torna-se maior que 0, como mostrado nos gráficos da Figura 2.



(a)



(b)

Figura 2 – Gráficos (a) Velocidade reduzida ; (b) fator de amortecimento.

Fonte: Equipe TENPEST.

Como recomendado por Barros (2000), para determinar a Velocidade Crítica de Flutter, foram realizados os seguintes:

- Ensaio de rigidez torcional da asa (GJ)
- Ensaio de rigidez à flexão da asa (I_{ψ})
- Ensaio do eixo de inércia da asa (g)
- Ensaio do eixo elástico da asa (h)

A posição do eixo elástico da asa foi determinada medindo o centro elástico em diferentes posições ao longo da envergadura da asa, Figura 3, encontrando-se o valor de $h = 0,32 \times c$.



Figura 3 - Ensaio do eixo elástico.

Fonte: Equipe TENPEST.

Para estimar a rigidez torcional (GJ), foi feito um ensaio aplicando binários na seção típica, como mostrado na Figura 4, seguindo Barros (2020), obtendo $GJ = 37,1 \text{ Nm/rad}$ e $k\theta = 55,27 \text{ Nm/rad}$.



Figura 4 - Ensaio de torção na empenagem horizontal.

Fonte: Equipe TENPEST.

Para obtenção da constante de flexão foram aplicadas cargas, transversalmente à seção da asa, como mostrado na Figura 5, medindo-se os deslocamentos angulares na seção característica, encontrando-se $I\psi = 65,98 \text{ Nm/rad}$.



Figura 5 - Ensaio de flexão.

Fonte: Equipe TENPEST.

A posição do eixo de inércia foi medida equilibrando a asa em cutelos, Figura 6, obtendo-se $g = 0,48,75 \times c$.

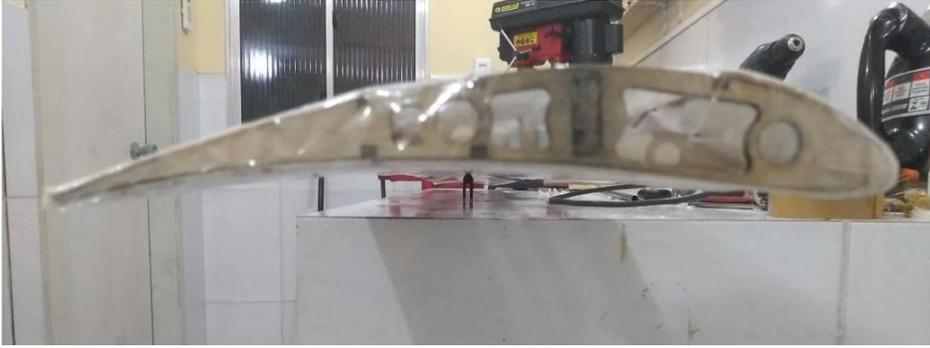


Figura 6 - Ensaio do Eixo de Inércia da Asa.

Fonte: Equipe TENPEST.

Utilizando-se dos dados obtidos nos ensaios, o JAR-VLA (1972) determina que a rigidez torsional da asa deve ser tal que a velocidade crítica de *flutter* (U_F), calculada pela equação 03, não seja menor que $1,25 V_\sigma$ (velocidade de mergulho), obtida pela equação 03.

$$U_F = \sqrt{\frac{GJ}{\rho b \frac{c}{2}}} \cdot \frac{(1-0,37\lambda)(1-0,1l_\psi)}{1,6(g-0,1)(1,3-h)} \left(0,95 + \frac{1,3}{\sigma_w}\right) \quad \text{Eq. 03}$$

3 I RESULTADOS E DICUSSÕES

De acordo com a norma JAR VLA (1972), obteve-se $U_F=28,27$ m/s. Esse valor se encontra abaixo do mínimo previsto pelo método da seção típica de Hodges (2011), cujo valor é $U_F=32,54$ m/s.

Dado que a velocidade *flutter* da asa não atende aos requisitos da norma JAR-VLA, pois a velocidade de mergulho da aeronave obtida foi de $V_\sigma = 30$ m/s, quando o mínimo permitido pela norma seria $U_F=37,5$ m/s, reconstruiu-se a asa de modo a ficar mais rígida com relação à torção.

Visando o cumprimento das normas com relação aos fenômenos aeroelásticos na asa do avião, decidiu-se diminuir o espaçamento entre as nervuras, que antes era de 200 mm, para 100 mm, além de redimensionar a largura da longarina, com o intuito de aumentar a rigidez torcional da mesma.

Realizaram-se novamente os ensaios, chegando aos valores de eixo elástico, eixo de inércia, rigidez à torção e à flexão de $h = 33 \%c$, $g = 48,75 \%c$, $GJ = 74,19$ Nm/rad e $I\Psi = 105$ Nm/rad, respectivamente. Resultando na velocidade de *flutter*, pelo método de Hodges (2011) de $U_F = 41,42$ m/s.

Deste modo, como a velocidade máxima de mergulho do aerodesign projetado pela Tenpest Aerodesign é de apenas 30 m/s, pode-se afirmar que o avião se encontra distante

de alcançar a velocidade crítica de *flutter* determinada e calculada pela metodologia de Hodges (2011).

4 | CONCLUSÃO

A utilização da metodologia de Hodges e as recomendações da norma JAR VLA, utilizada para fins de comparações, assim como os ensaios para determinar as propriedades mecânicas do material estrutural permitiu que fosse previsto no projeto de uma aeronave não tripulada o fenômeno do *flutter* e, desta forma, redimensionar a estrutura para se afastar da velocidade crítica que levaria ao fenômeno.

Concluindo-se, assim, que o controle metodológico minucioso, afim de atender aos requisitos do protótipo para a competição nacional SAE Brasil AeroDesign, da equipe TENPEST, confere que aeronave está estruturalmente segura contra o fenômeno aeroelástico de *flutter*.

REFERÊNCIAS

BARROS, Cláudio P., & PINTO, Ricardo Luiz Utsch de F., & ISCOLD, Paulo Henriques Andrade de Oliveira. **Introdução ao projeto de Aeronaves Leves**. CEA - Centro de Estudos Aeronáuticos, 2000.

DOWELL, E. H. et al. **A Modern Course in Aeroelasticity**. 4. ed. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers, 2005.

FAR, **14 CFR Part 23 type certification of an airplane originally certificated to joint aviation regulations, very light airplane (JAR-VLA) standards**. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Transportation, Federal Aviation Administration, 2003.

HODGES, D.; PIERCE, G. **Introduction to structural dynamics and aeroelasticity**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

CAPÍTULO 16

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

Data de aceite: 01/07/2021

Jefferson Milton Muller Martins

Mestrando em Engenharia Civil Universidade Federal Fluminense Niterói, Brasil

Elie Chahdan Mounzer

Professor Adjunto, Universidade Federal Fluminense Niterói, Brasil

RESUMO: Este artigo apresenta um estudo cujo objetivo é comparar a eficiência dos métodos tabular e gráfico na determinação do tempo de resistência ao fogo (TRRF). A NBR 15200:2012, para a aplicação do método tabular apresenta tabelas que relacionam dimensões mínimas em função do TRRF e do tipo de elemento estrutural. Uma alternativa para o dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio ao método tabular é o método gráfico que consiste na aplicação de gráficos que permitam a obtenção do TRRF após obter o parâmetro conhecido como momento relativo (μ_r) e a disposição das armaduras na seção. Este trabalho tem como finalidade comparar essas metodologias de cálculo, por isso as vigas foram divididas em grupos conforme as condições de apoio, o comprimento do vão, a largura da seção e o valor do carregamento. A partir dos resultados encontrados, conclui-se que para as vigas contínuas, o método tabular apresentou valores de TRRF mais elevados na maioria dos casos, com exceção de carregamentos menores.

PALAVRAS-CHAVE: Método Gráfico, Método Tabular, TRRF, Incêndio.

1 | INTRODUÇÃO

O concreto armado é um material largamente aplicado na construção civil, em função de características favoráveis como elevada durabilidade, ser moldável e permitir o monolitismo das construções. Além disso, o concreto endurecido é incombustível, não emite gases tóxicos, apresenta baixa condutividade térmica e elevada massividade à temperatura ambiente (quando comparados aos metais). Devido à estas propriedades, o concreto apresenta uma boa resistência ao fogo. Entretanto, o concreto armado possui características negativas e os danos causados em função de um incêndio podem ir desde uma descoloração ou manchas produzidas por fumaças até a destruição do elemento estrutural como consequência da perda da resistência mecânica. A estrutura heterogênea e complexa dificulta o estabelecimento de modelos precisos que determinem com segurança o comportamento de estruturas em concreto armado sujeitas a um incêndio em diversas situações. O incêndio é um evento considerado com baixa probabilidade de ocorrência. Em outros países, como os Estados Unidos, até o final do século XIX não havia o registro de incêndios com acentuada quantidade de vítimas fatais, por isso, a segurança contra o fogo tinha por ênfase a proteção ao patrimônio.



Figura 1 – *Triangle Shirtwaist Factory*.

No início do século XX ocorreram alguns incêndios entre os quais o incêndio da fábrica da Triangle Shirtwaist. O fogo na Triangle Shirtwaist provocou a morte de 146 pessoas, em maioria jovens mulheres imigrantes.

Os primeiros regulamentos sobre segurança contra incêndio no Brasil surgiram somente em meados de 1975, após a ocorrência dos incêndios dos edifícios Joelma e Andraus, em São Paulo (Figura 2). A partir de então a legislação vem sendo constantemente modernizada, exigindo, a adoção de medidas como a compartimentação horizontal e vertical em projetos de edifícios altos. Assim, são utilizados dispositivos, como portas corta-fogo, no interior dos edifícios, e peitoris e marquises nas fachadas. Com isso, em uma eventual situação de incêndio, é possível impedir que o fogo, iniciado em um determinado andar, se alastre para os demais.



Figura 2 – Incêndio no edifício Andraus.

2 | MÉTODO DE PESQUISA

2.1 Determinação do Tempo de Resistência ao Fogo

O Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) pode ser determinado através de algumas metodologias de cálculo. Entre as alternativas disponíveis estão o método tabular e o método gráfico. Este artigo propõe uma comparação entre os métodos como objetivo de verificar a eficiência de cada método na determinação do TRRF. Para realizar essas comparações as vigas biapoiadas foram divididas em grupos o valor característico do carregamento uniformemente distribuído das vigas p_k varia entre 10 e 100 kN/m), o comprimento do vão e a seção transversal (somente foram consideradas seções T). Assim, com esses resultados encontrados é possível comparar a eficiência de cada método.

2.2 O Tempo de Resistência ao Fogo pelo Método Gráfico

No método gráfico o tempo requerido de resistência ao fogo é determinado em função de um parâmetro conhecido como momento relativo μ_r e da disposição das armaduras na seção transversal. Assim, para obter o TRRF a partir da aplicação do método gráfico é necessário cumprir cinco etapas:

1. dimensiona-se a peça para a condição da temperatura ambiente (Figura 3).
2. a partir da área de aço encontrada no item anterior, determina-se o momento fletor resistente positivo à temperatura ambiente. Esse momento fletor resistente é determinado através do equilíbrio de forças na seção transversal. Neste artigo as vigas analisadas apresentam somente seção T, por isso, é necessário determinar

a altura do bloco de concreto comprimido y . Para as peças que apresentam armadura positiva, se y for menor que a espessura da laje, a seção apresenta um comportamento como se fosse seção retangular, uma vez que há uma seção retangular de concreto trabalhando à compressão. Entretanto, se y cortar a largura da viga, esta seção deve ser calculada como seção T.

$$F_{sd,fi} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{s,fi}} \cdot \sum_{j=1}^n k_{s,\theta i} \cdot A_{si} \quad (1)$$

onde

$F_{sd,fi}$ – força resultante de cálculo na armadura em incêndio;

f_{yk} – resistência característica à tração do aço;

$\gamma_{s,fi}$ – coeficiente de ponderação da resistência do aço; $k_{s,\theta}$ – fator de redução de resistência, à temperatura θ , da barra de aço;

$k_{s,\theta}$ – fator de redução de resistência, à temperatura θ , da barra de aço;

A_{si} – área da barra de aço.

$$F_{cd,fi} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{c,fi}} \cdot \sum_{j=1}^{m_{fi}} k_{c,\theta i} \cdot A_{cj} \quad (2)$$

onde

$F_{cd,fi}$ – força resultante de cálculo na área de concreto;

f_{ck} – resistência característica à compressão do concreto;

$\gamma_{c,fi}$ – coeficiente de ponderação da resistência do concreto em incêndio;

$k_{c,\theta}$ – fator de redução de resistência, à temperatura θ , do elemento finito comprimido j ;

A_{cj} – área do elemento finito comprimido j .

$$F_{sd,fi} = F_{cd,fi} \quad (3)$$

$$M_{Rd,fi} = 0,85 \cdot F_{cd} \cdot z_{j,fi} \quad (4)$$

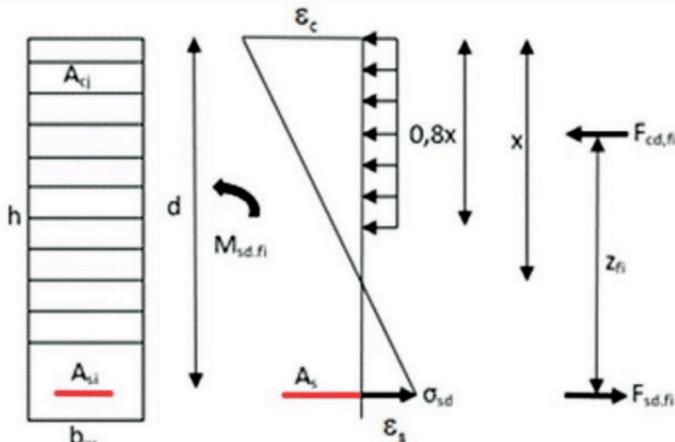


Figura 3 – Equilíbrio de forças resultantes na seção transversal em concreto armado.

3. Nesta etapa o valor de cálculo do carregamento uniformemente distribuído em situação de incêndio. Considerou-se 60% de ações permanentes e 40% de ações variáveis. Sabendo que se trata de uma viga presente em edifícios residencial, a NBR 8681:2003 determina que $\Psi_2 = 0,3$. A partir da expressão que representa a combinação última das ações, determina-se o valor de $p_{d,fi}$ da viga em situação de incêndio, como

$$p_{d,fi} = 1,2 \cdot p_{G,k} + 0,7 \cdot \Psi_2 \cdot p_{Q,k} \quad (5)$$

4. A partir dos resultados encontrados no item anterior, determina-se o momento fletor solicitante de cálculo em situação de incêndio

5. Após realizar os procedimentos anteriores, calcula-se o parâmetro conhecido como momento relativo (μ_{fi}), necessário para determinar o método gráfico. Em seguida, o gráfico compatível à seção de concreto analisada é selecionado e, a partir do valor de μ_{fi} , associado à configuração de armaduras, determina-se o tempo de resistência ao fogo

$$\mu_{fi} = \frac{M_{Rd,fi}}{M_{Rd}} \quad (6)$$

2.3 O Tempo Requerido de Resistência ao Fogo pelo método tabular

No método tabular ocorre a imposição de um tempo fictício que a estrutura precisa resistir durante o incêndio. Esse tempo, conhecido como TRRF, é determinado empiricamente como resultado dos trabalhos realizados na área e posteriormente aplicados na norma. O método tabular consiste na associação entre o TRRF e os parâmetros conhecidos como a distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face inferior do concreto exposta ao fogo

c_1 e largura mínima b_{min} e ocorre em duas etapas (Figura 4):

1. com a finalidade de verificar a eficiência do resultado obtido por meio do método gráfico para o TRRF calcula-se esse mesmo TRRF por meio do método tabular. Inicialmente, deve-se determinar a distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face interior do concreto exposta ao fogo

$$c_1 = c + \phi_r + \frac{\phi_l}{2} \quad (7)$$

onde

c_1 – distância entre o eixo da armadura longitudinal

inferior e a face de concreto aquecida; ϕ_t : diâmetro dos estribos ($\phi_t = 5\text{mm}$);

ϕ – diâmetro da barra de aço da armadura longitudinal;

c – cobrimento.

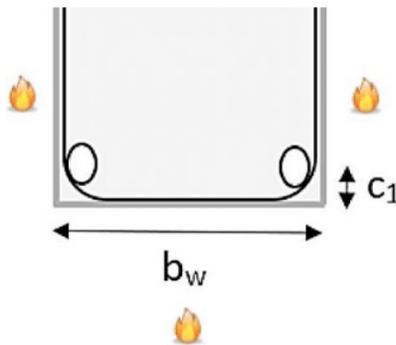


Figura 4 – Dimensões mínimas de largura (b_{min}) e distância entre o eixo da armadura longitudinal inferior e a face do concreto exposta ao fogo (c_1).

2. A partir do valor determinado de c_1 e da largura da seção, determina-se por intermédio da interpolação linear dos valores determinados na Tabela 1 na NBR 15200: 2012 que considera a condição de apoio das vigas (vigas biapoiadas).

2.4 Comparação Entre o Método Tabular e o Método Gráfico

A última etapa do processo é a comparação entre a eficiência dos métodos tabular e gráfico no dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio de acordo com as condições estabelecidas inicialmente. Esse processo de avaliação de eficiência de metodologia é realizado confrontando o TRRF encontrado em cada método.

3 I RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Viga contínua, $L = 4,0$ m e $b_w = 25$ cm

Dimensões mínimas para vigas contínuas ou vigas de pórticos					
TRRF (min)	Combinações de b_{min}/C_1 (mm/mm)				b_{min} (mm/mm)
	1	2	3	4	
30	80/15	160/12	–	–	80
60	120/25	190/12	–	–	100
90	140/37	250/25	–	–	100
120	190/45	300/35	450/35	500/30	120
180	240/60	400/50	550/50	600/40	140

Tabela 1 – Método tabular para dimensionamento de vigas contínuas de concreto armado em situação de incêndio.

p_k (kN/m)	M_k (kN.m)	μ	A_s^+	A_s^+
10	11,25	0,006	2,50	2 ϕ 12,5
20	22,50	0,012	2,50	2 ϕ 12,5
30	33,75	0,018	2,50	2 ϕ 12,5
40	45,00	0,024	2,72	4 ϕ 10,0
50	56,25	0,030	3,41	2 ϕ 16,0
60	67,50	0,036	4,10	6 ϕ 10,0
70	78,75	0,041	4,80	4 ϕ 12,5
80	90,00	0,047	5,50	2 ϕ 20,0
90	101,25	0,053	6,21	2 ϕ 20,0
100	112,50	0,059	6,92	6 ϕ 12,5

Tabela 2 – Armadura longitudinal adotada em função do valor característico do carregamento uniformemente distribuído.

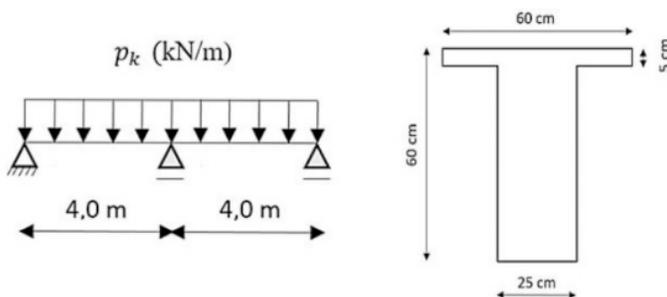


Figura 5 – Esquema estático da viga e a seção adotada.

Armadura longitudinal adotada em função do valor característico do carregamento uniformemente distribuído (Tabela 2).

$$\mu = \frac{M_k \cdot \gamma_c}{b_f \cdot d^2 \cdot \sigma_{cdi}}$$

onde

M_k – momento característico;

γ_c – coeficiente de minoração para o concreto;

b_f – largura da seção transversal;

d^2 – altura efetiva da viga;

σ_{cd} – tensão de cálculo do concreto;

f_{yd} – tensão de cálculo do aço.

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu}$$

$$A_s = \omega \cdot b_f \cdot d \cdot \frac{\sigma_{cd}}{f_{yd}}$$

Verificação da altura do bloco de concreto comprimido (Tabela 3).

$$F_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot A_s$$

$$F_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot A_c$$

$$F_{sd} = F_{cd}$$

onde

F_{sd} e F_{cd} – força resultante de cálculo no aço e no concreto, respectivamente;

f_{yk} – resistência característica à tração do aço ($f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$)

f_{ck} – resistência característica à compressão do concreto ($f_{ck} = 25 \text{ MPa}$);

γ_s e γ_c – coeficiente de minoração para o aço e o concreto, respectivamente;

A_s e A_c – área de aço e concreto, respectivamente; α – igual a 0,85.

Momento fletor resistente para $y \leq h_f$ (Tabela 4).

$$M^{rd} = F_{sd} \cdot z$$

p_k (kN/m)	F_{sd} (kN)	F_{cd}/γ (kN/cm)	y (cm)	Seção T ou retangular
10	108,7	91,1	1,194	Seção Retangular
20	108,7	91,1	1,194	Seção Retangular
30	108,7	91,1	1,194	Seção Retangular
40	118,1	91,1	1,297	Seção Retangular
50	148,1	91,1	1,626	Seção Retangular
60	178,2	91,1	1,957	Seção Retangular
70	208,6	91,1	2,290	Seção Retangular
80	239,1	91,1	2,626	Seção Retangular
90	269,9	91,1	2,963	Seção Retangular
100	300,8	91,1	3,303	Seção Retangular

Tabela 3 – Verificação da altura do bloco de concreto comprimido.

p_k (kN/m)	d (cm)	z (cm)	M_{rd} (kN.m)
10	56,38	55,78	60,63
20	56,38	55,78	60,63
30	56,38	55,78	60,63
40	56,50	55,85	65,95
50	56,20	55,39	82,00
60	56,50	55,52	98,95
70	56,38	55,23	115,20
80	56,00	54,69	130,77
90	56,00	54,52	147,14
100	56,38	54,72	164,63

Tabela 4 – Momento fletor resistente para $y \leq h_t$

onde

F_{sd} – força resultante de cálculo no aço;

z – braço de alavanca.

A Tabela 5 apresenta TRRF (min) em função do método gráfico

$$p_{d,fi} = 1,2 \cdot p_{G,k} + 0,7 \cdot \psi_2 \cdot p_{Q,k}$$

onde

$p_{G,k}$ – carregamento característico para ação permanente;

$p_{Q,k}$ – carregamento característico para ação variável;

$P_{d,fi}$ (kN/m)	$M_{sd,fi}$ (kN.m)	μ	TRRF (gráfico)
8,04	9,05	0,149	128 min
16,08	18,09	0,298	95 min
24,12	27,14	0,448	80 min
32,16	36,18	0,549	95 min
40,20	45,23	0,552	73 min
48,24	54,27	0,548	95 min
56,28	63,32	0,550	95 min
64,32	72,36	0,553	73 min
72,36	81,41	0,553	73 min
80,40	90,45	0,549	110 min

Tabela 5 – TRRF (min) em função do método gráfico.

p_k (kN/m)	c_1 (cm)	Método Tabular	Método Gráfico
		TRRF viga (min)	TRRF viga (min)
10	36,25	102	128
20	36,25	102	95
30	36,25	104	80
40	35,00	102	95
50	38,00	107	73
60	35,00	102	95
70	36,25	104	95
80	40,00	111	73
90	40,00	111	73
100	36,25	104	110

Tabela 6 – TRRF em função do método tabular e comparação com o método gráfico.

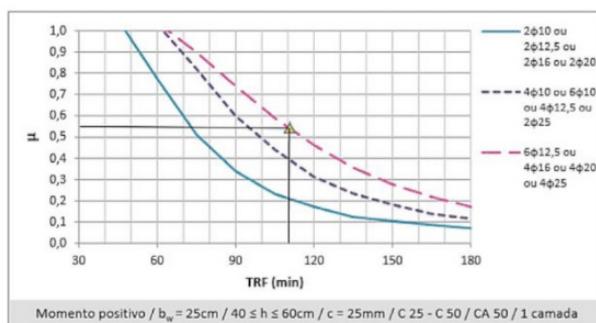


Figura 6 – Exemplo de aplicação do método gráfico para $\mu_{fi} = 0,549$ e 6φ12,5

$$\mu = \frac{M_{sd,fi}}{M_{Rd}}$$

onde

$M_{sd,fi}$ – momento solicitante em incêndio;

M_{Rd} – momento resistente para temperatura ambiente.

A Tabela 6 apresenta o tempo de resistência ao fogo em função do método tabular e comparação do resultado obtido com o método gráfico.

$$c_1 = c + \phi_l + \frac{\phi_1}{2}$$

onde

c_1 – distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face do concreto exposta ao fogo;

c – cobrimento;

ϕ_l – diâmetro dos estribos;

ϕ_1 – diâmetro da barra de aço.

A Figura 7 apresenta comparação entre TRRF em função do método adotado.

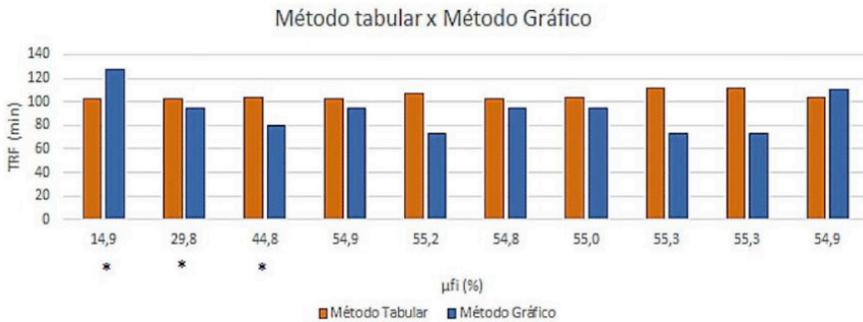


Figura 7 – Comparação entre TRRF em função do método adotado.

3.2 Viga contínua, $L = 4,00$ m e $b_w = 30$ cm

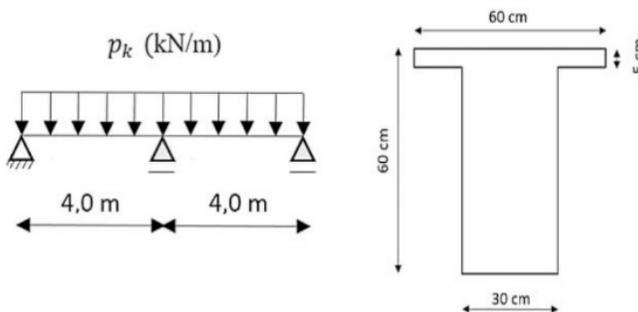


Figura 8 – Esquema estático da viga e a seção adotada.

A Tabela 7 apresenta a armadura longitudinal (A_s) adotada em função do carregamento.

A Tabela 8 apresenta a verificação da altura do bloco de concreto comprimido.

p_k (kN/m)	M_k (kN.m)	μ	A_s^+	A_s^+
10	11,25	0,006	2,93	4 ϕ 10,0
20	22,50	0,012	2,93	4 ϕ 10,0
30	33,75	0,018	2,93	4 ϕ 10,0
40	45,00	0,024	2,93	4 ϕ 10,0
50	56,25	0,030	3,41	2 ϕ 16,0
60	67,50	0,036	4,10	6 ϕ 10,0
70	78,75	0,041	4,80	4 ϕ 12,5
80	90,00	0,047	5,50	2 ϕ 20,0
90	101,25	0,053	6,21	2 ϕ 20,0
100	112,50	0,059	6,92	6 ϕ 12,5

Tabela 7 – Armadura longitudinal adotada em função do valor característico do carregamento uniformemente distribuído.

Verificação da altura do bloco de concreto comprimido (Tabela 8).

Momento fletor resistente para $y \leq h_f$ (Tabela 9).

Na Tabela 10 TRRF (min) em função do método gráfico.

p_k (kN/m)	F_{sd} (kN)	F_{cd}/y (kN/cm)	y (cm)	Seção T ou retangular
10	127,4	91,1	1,399	Seção Retangular
20	127,4	91,1	1,399	Seção Retangular
30	127,4	91,1	1,399	Seção Retangular
40	127,4	91,1	1,399	Seção Retangular
50	148,3	91,1	1,628	Seção Retangular
60	178,3	91,1	1,957	Seção Retangular
70	208,7	91,1	2,292	Seção Retangular
80	239,1	91,1	2,626	Seção Retangular
90	270,0	91,1	2,965	Seção Retangular
100	300,9	91,1	3,304	Seção Retangular

Tabela 8 – Verificação da altura do bloco de concreto comprimido.

p_k (kN/m)	d (cm)	z (cm)	M_{rd} (kN.m)
10	56,50	55,80	71,09
20	56,50	55,80	71,09
30	56,50	55,80	71,09
40	56,50	55,80	71,09
50	56,20	55,39	82,12
60	56,50	55,52	98,97
70	56,38	55,23	115,26
80	56,00	54,69	130,77
90	56,00	54,52	147,20
100	56,38	54,72	164,65

Tabela 9 – Momento fletor resistente para $y \leq h_f$.

$P_{d,fi}$ (kN/m)	$M_{sd,fi}$ (kN.m)	μ	TRRF (gráfico)
8,04	9,05	0,127	160 min
16,08	18,09	0,254	120 min
24,12	27,14	0,382	102 min
32,16	36,18	0,509	88 min
40,20	45,23	0,551	73 min
48,24	54,27	0,548	105 min
56,28	63,32	0,549	105 min
64,32	72,36	0,553	88 min
72,36	81,41	0,553	88 min
80,40	90,45	0,549	105 min

Tabela 10 – TRRF (min) em função do método gráfico.

A Tabela 11 apresenta o tempo de resistência ao fogo em função do método tabular e comparação do resultado obtido com o método gráfico.

A Figura 9 apresenta uma comparação entre os tempos de resistência ao fogo obtidos em função dos métodos tabular e gráfico.

3.3 Viga contínua, $L = 4,00$ m e $b_w = 35$ cm

P_k (kN/m)	c_1 (cm)	Método Tabular	Método Gráfico
		TRRF viga (min)	TRRF viga (min)
10	35,00	116	160
20	35,00	116	120
30	35,00	119	102
40	35,00	116	88
50	38,00	123	73
60	35,00	116	105
70	36,25	119	105
80	40,00	129	88
90	40,00	129	88
100	36,25	119	105

Tabela 11 – TRRF em função do método tabular e comparação com o método gráfico.

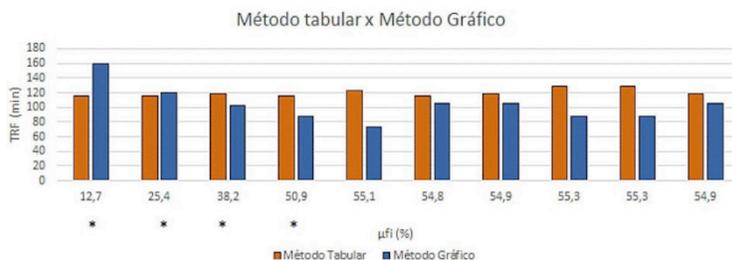


Figura 9 – Comparação entre TRRF em função do método adotado.

p_k (kN/m)	M_k (kN.m)	μ	A_s^+	A_s^+
10	11,25	0,006	3,34	2 ϕ 16,0
20	22,50	0,012	3,34	2 ϕ 16,0
30	33,75	0,018	3,34	2 ϕ 16,0
40	45,00	0,024	3,34	2 ϕ 16,0
50	56,25	0,030	3,41	2 ϕ 16,0
60	67,50	0,036	4,10	4 ϕ 12,5
70	78,75	0,041	4,80	4 ϕ 12,5
80	90,00	0,047	5,50	2 ϕ 20,0
90	101,25	0,053	6,21	2 ϕ 20,0
100	112,50	0,059	6,92	6 ϕ 12,5

Tabela 12 – Armadura longitudinal adotada em função do valor característico do carregamento uniformemente distribuído.

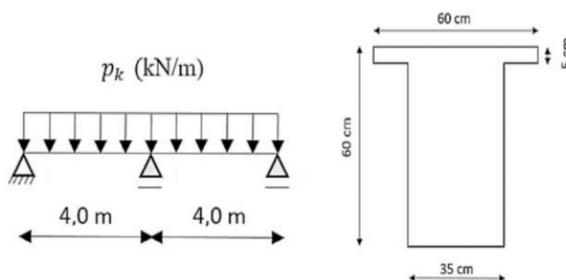


Figura 10 – Esquema estático da viga e a seção adotada.

p_k (kN/m)	F_{sd} (kN)	F_{cd}/y (kN/cm)	y (cm)	Seção T ou retangular
10	145,2	91,1	1,595	Seção Retangular
20	145,2	91,1	1,595	Seção Retangular
30	145,2	91,1	1,595	Seção Retangular
40	145,2	91,1	1,595	Seção Retangular
50	148,3	91,1	1,628	Seção Retangular
60	178,3	91,1	1,957	Seção Retangular
70	208,7	91,1	2,292	Seção Retangular
80	239,1	91,1	2,626	Seção Retangular
90	270,0	91,1	2,965	Seção Retangular
100	300,9	91,1	3,304	Seção Retangular

Tabela 13 – Verificação da altura do bloco de concreto comprimido.

p_{ic} (kN/m)	d (cm)	z (cm)	M_{rd} (kN.m)
10	56,20	55,40	80,45
20	56,20	55,40	80,45
30	56,20	55,40	80,45
40	56,20	55,40	80,45
50	56,20	55,39	82,12
60	56,38	55,40	98,75
70	56,38	55,23	115,26
80	56,00	54,69	130,77
90	56,00	54,52	147,20
100	56,38	54,72	164,65

Tabela 14 – Momento fletor resistente para $y \leq h_y$.

A Figura 10 apresenta esquema estático da viga e a seção adotada.

A Tabela 12 apresenta a armadura longitudinal (A_s) adotada em função do carregamento.

A Tabela 13 apresenta a verificação da altura do bloco de concreto comprimido.

A Tabela 14 apresenta a verificação do momento fletor resistente para $y \leq h_y$.

A Tabela 15 apresenta TRRF (min) em função do método gráfico.

A Tabela 16 apresenta o tempo de resistência ao fogo em função do método tabular e comparação do resultado obtido com o método gráfico.

A Figura 11 apresenta uma comparação entre os tempos de resistência ao fogo obtidos em função dos métodos tabular e gráfico.

$p_{d,fn}$ (kN/m)	$M_{d,fn}$ (kN.m)	μ	TRRF (gráfico)
8,04	9,05	0,112	150 min
16,08	18,09	0,225	115 min
24,12	27,14	0,337	98 min
32,16	36,18	0,450	85 min
40,20	45,23	0,551	77 min
48,24	54,27	0,550	113 min
56,28	63,32	0,549	113 min
64,32	72,36	0,553	88 min
72,36	81,41	0,553	88 min
80,40	90,45	0,549	113 min

Tabela 15 – TRRF (min) em função do método gráfico.

p_k (kN/m)	c_1 (cm)	Método Tabular	Método Gráfico
		TRRF viga (min)	TRRF viga (min)
10	38,00	123	150
20	38,00	123	115
30	38,00	123	98
40	38,00	127	85
50	38,00	127	77
60	36,25	123	113
70	36,25	123	113
80	40,00	132	88
90	40,00	132	88
100	36,25	123	113

Tabela 16 – TRRF em função do método tabular e comparação com o método gráfico.

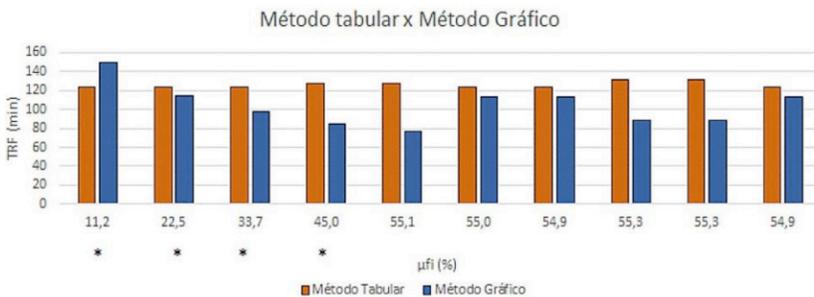


Figura 11 – Comparação entre TRRF em função do método adotado.

3.4 Análise de Resultados em Vigas Contínuas

O artigo apresenta uma comparação entre duas metodologias de cálculo para a determinação do tempo de resistência ao fogo. Com o objetivo de fazer essa verificação foram selecionadas vigas e divididas conforme a condição de apoio, o comprimento do vão e largura da seção. Além disso, foram criados subgrupos com o objetivo de permitir uma análise da influência do acréscimo de carregamento na eficiência de cada método. Assim, foram consideradas somente vigas contínuas e os parâmetros que variam são o carregamento e a largura da seção. Para estas condições são 30 simulações. Algumas análises podem ser realizadas a partir dos resultados encontrados anteriormente. O método gráfico apresenta uma maior discrepância entre valores máximos e mínimos obtidos para o TRRF o que indica uma maior eficiência do método tabular para determinar o TRRF. As vigas contínuas tendem a apresentar resultados mais elevados de TRRF para o método tabular. Em relação a variação da largura da seção pode-se dizer que o aumento da largura da seção resulta em TRRF maior, tanto para o método tabular quanto para o método gráfico. As Figura 12 apresenta a diferença relativa entre os TRRF obtidos em função das metodologias aplicadas.

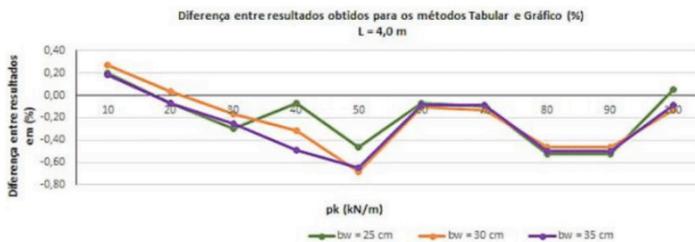


Figura 12 – Diferença relativa entre os métodos para $L = 4,0$ m.

4 | CONCLUSÕES

A proposta do artigo é uma comparação de eficiência entre os métodos gráfico e tabular na determinação do tempo de resistência requerido ao fogo (TRRF) em vigas de concreto armado, simulando a ocorrência de um incêndio. Em função da facilidade de aplicação, recomenda-se que o método tabular seja adotado inicialmente para cálculo do TRRF. O método gráfico possibilita a utilização de uma metodologia alternativa para o cálculo do TRRF. Esse método alternativo consiste em gráficos que relacionam o tempo de resistência das vigas ao fogo à razão entre o momento solicitante em incêndio e o momento resistente à temperatura ambiente. Para realizar este trabalho as vigas foram divididas em grupos conforme as condições de apoio, o comprimento de vão, a largura da seção e o valor do carregamento. A partir dos resultados encontrados, conclui-se que para as vigas contínuas, o método tabular apresentou resultados mais altos na maior parte dos casos, com exceção de carregamentos menores. Em vigas contínuas, observa-se que os resultados encontrados para o TRRF tendem a uma maior proximidade para os diferentes carregamentos e larguras de seção estudados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ABN NBR 14432:2001. **Exigências de resistência a fogo de elementos construtivos de edificações** – Procedimento, 2001.
- ABNT NBR 8681:2003. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento, 2003.
- ABNT NBR 15200: 2012. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio, 2012.
- ABNT NBR 6118:2014. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, 2014.

ALBUQUERQUE, G.B.M.L. **Dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ALBUQUERQUE, G. B. M. L.; SILVA, V. P.

Dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio por meio do método gráfico. Ibracon – Revista Ibracon de estruturas e materiais, v.6, n.4, 2013.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. Editora Dunas: Rio Grande, 4ª ed. 2014.

BORTOLLATTO, M. **Aprimoramento dos sistemas de vistorias existentes do corpo de bombeiros militar de SC**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

COSTA, C. N.; SILVA, V. P. **Estruturas de concreto armado em situação de incêndio**. In: Anais da XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural; Brasília. Distrito Federal: UNB; p.21, 2002.

SILVA, V.P. **Dimensionamento de vigas de concreto armado em situação de incêndio. Aprimoramento de algumas recomendações do Eurocode**. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, v. 4, n. 2, p. 277-303, 2012.

SILVA, V.P. **Projeto de Estruturas de Concreto Armado em Situação de Incêndio**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2014.

SOUZA, A.A.A.; MORENO Jr, A.L. **Efeito de altas temperaturas na resistência à compressão, resistência à tração e módulo de deformação do concreto**. Rev. Ibracon Estrut. Mater. [online]. Vol. 3, n.4, pp.432-448, 2010.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 21/05/2021

Arthur Gabriel Lopes Leal

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(Unifesspa)
Marabá-Pará
<http://lattes.cnpq.br/0650785847702445>

Romerito Rodrigues Vieira

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(Unifesspa)
Marabá-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7113943543650528>

Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira

Marabá-Pará
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(Unifesspa)

RESUMO: As cidades de 15 minutos se baseiam na concepção de que é possível obter uma gama de serviços em deslocamentos breves, de 15 minutos, assim, propiciando a mobilidade ativa. Nesse sentido, figuram como uma possibilidade para o combate a saturação das vias por automóveis, melhora da qualidade de vida e fruição da cidade. Contudo, para que sejam possíveis, se faz necessário a descentralização da oferta de serviços no tecido urbano. Assim, este trabalho avaliou o quanto o entono da Unidade 2 da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) poderia ser considerada uma experiência para comunidade acadêmica desse

conceito. A avaliação, via geoprocessamento, permitiu ver que apesar de existir a oferta de serviços, eles se concentram, basicamente em três: alimentação, oferta de bebida alcoólica e espaços para professar religião.

PALAVRAS-CHAVE: Cidade de 15 minutos. Serviços. Marabá.

EAT; DRINK AND PRAY: A 15-MINUTE AMAZON CITY

ABSTRACT: The 15-minute cities are based on the concept that it is possible to obtain a range of services in short trips, of 15 minutes, thus providing active mobility. In this sense, they appear as a possibility to combat the saturation of roads by automobiles, improving the quality of life and enjoying the city. However, in order to be possible, it is necessary to decentralize the supply of services in the urban fabric. Thus, this work evaluated how much the intone of Unit 2 of the Federal University of the South and Southeast of Pará (Unifesspa) could be considered an experience for the academic community of this concept. The assessment, via geoprocessing, allowed us to see that although there is a supply of services, they are concentrated, basically, in three: food, supply of alcoholic drink and spaces to profess religion.

KEYWORDS: 15-minute cities. Services. Marabá.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento e desenvolvimento local associados a necessidade de se locomover com agilidade, torna a utilização de meios de

transportes indispensáveis no dia a dia urbano, o que acarreta no aumento de problemas no trânsito referentes à grande quantidade de veículos e o pouco planejamento do uso do solo, dificultando assim o deslocamento de pessoas e veículos nas vias (TEIXEIRA et al., 2013).

Tendo em vista a cidade de Marabá (Pará-Brasil), tal crescimento populacional não é diferente, visto que segundo o IBGE (2010), Marabá entre os anos de 2010 e 2020, teria um crescimento populacional de 2,1% ao ano. Nesse sentido, a falta de expressiva materialidade do planejamento da cidade, faz com que as vias tenham que ser modificadas, o que acarreta na falta de calçadas apropriadas, em conjunto com uma iluminação precária e falta de informações do espaço urbano. Com isso, ficou evidente que os pedestres foram esquecidos, pois sofrem com a escassez de conforto e informação, enquanto os modos motorizados possuem espaços físicos cada vez maiores e sinalizações mais aprimoradas (NASCIMENTO; CALDAS; LEITE, 2017).

A fim de mitigar essas problemáticas, em 2012, o Governo Federal brasileiro publicou a Lei nº 12.587/2012, onde em seu artigo 6º prioriza o uso dos modos de transportes não motorizados, sobre os motorizados e, dos serviços de transporte público coletivo, sobre o transporte individual motorizado, com isso, o número de veículos automotores diminuiria nos centros urbanos, e por consequência, o deslocamento das pessoas e veículos melhoraria consideravelmente (SOUZA; TACO; LIMA; SILVA, 2020).

Tratar do tema em questão é importante para mostrar a realidade dos indivíduos no cotidiano urbano de deslocamentos, a fim de avaliar a qualidade de vida desses, além da qualidade dos serviços públicos ofertados para eles, sendo esses: iluminação, segurança, e a própria mobilidade e acessibilidades aos moradores e usuários, visto que, existem obstáculos no ambiente urbano (fissuras, vegetação invadindo as calçadas, falta de sinalização, entre outros) para os pedestres, sejam eles com ou sem mobilidade reduzida (SILVEIRA, 2010).

O modelo de cidade ou bairro adotado como referência neste estudo, toma por base o exposto no artigo produzido por Kaley Overstreet (2021) denominado com o título de “A cidade de 15 minutos”, onde senão todos os serviços, a maioria deles, estão a uma distância consideravelmente rápida (15 minutos) em relação ao usuário.

Assim, o principal objetivo deste artigo é mostrar a realidade que os usuários e transeuntes do entorno do campus II da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), na cidade de Marabá, enfrentam em relação a disponibilidade de serviços no entorno, considerando nesta análise o conceito de cidade de 15 minutos.

2 | MÉTODO

O método inicial desse artigo consiste em uma revisão sistemática, sendo essa uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura. Foram utilizados os termos

de busca, acessibilidade, mobilidade, além das características que definem o conceito de “cidade de 15 minutos”, tais como, serviços essenciais, qualidade de vida urbana, na base de dados da Scielo. Com o uso desse método foi possível identificar conceitos, evidências e sintetizá-los, para fundamentar propostas de mudanças no objeto de estudo deste trabalho (DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO; TAKAHASHI; BERTOLOZZI, 2011).

Com a leitura da bibliografia foi então definida a área de estudo, sendo esta a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa – campus II), onde se justifica por ser um polo gerador de viagens. Ao definir a área de estudo, tornou-se necessário a utilização de técnicas de análise de mapas, a fim de verificar os serviços e atividades existentes dentro de um raio que flutua entre 500-1500m, partindo da área de estudo (Unifesspa), para tal análise será usado o *software* Qgis, devido ser sistema de informação geográfica (SIG) que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, gerando assim uma cartografia de fácil compreensão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo os autores Andrade e Linke (2017), as cidades ou bairros de 15 minutos são localidades onde o indivíduo pode encontrar qualquer serviço necessário no dia a dia dentro de um intervalo de 15 minutos de casa, seja a pé ou de bicicleta. Sendo esses serviços supermercado, restaurante, parque, hospital, escola, espaço de trabalho, entre outros, deixando assim de lado o conceito de uma cidade de um único centro e assumir uma característica de planejamento policêntrico.

A fim de complementar o que foi dito anteriormente a respeito dos serviços necessários em uma cidade/bairro policêntrica, é possível encontrar na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 - CRFB/88, no artigo 227º, o qual informa sobre os deveres do Estado para com a sociedade, onde estão inclusos à saúde à alimentação, à educação, ao lazer, à cultura. Logo é dever do poder público, planejar e alocar de forma estratégica cada serviço.

Na primeira amostragem, na qual compreende a um raio de 500m do ponto de referência, ou seja, Unifesspa – Campus II, como mostra a figura 1, é possível denotar a presença de alguns serviços supracitados, bem como a sua distribuição dentro do limite estabelecido.

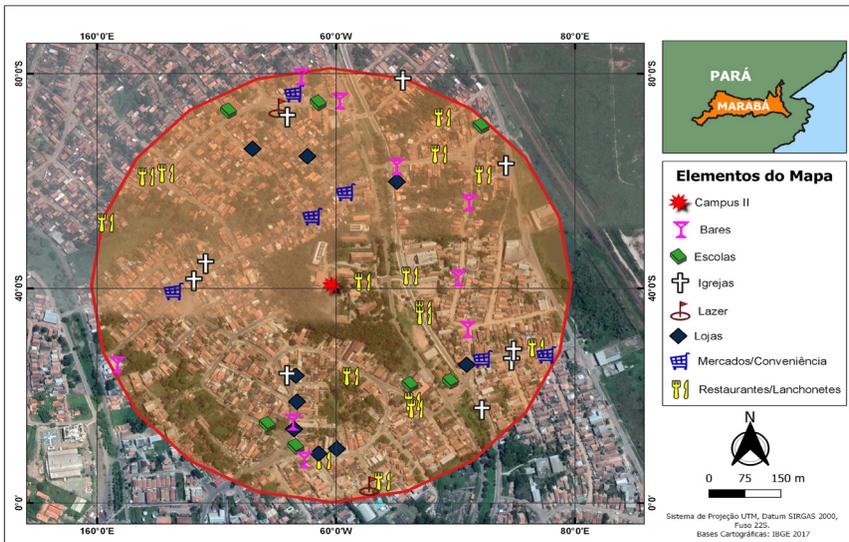


Imagem 1: Raio de 500 m da Unifesspa - Campus II.

Fonte: Autores, 2021.

Conforme a figura 1, é possível observar que na parte leste do ponto de referência (Campus II), abrange uma maior concentração de serviços, sendo esses, restaurantes/lanchonetes e bares (figura 2). Esse fato é possível explicar pela existência do campus naquela região, além de ser possível, avaliar que a parte oeste seja mais utilizada como uma área residencial.

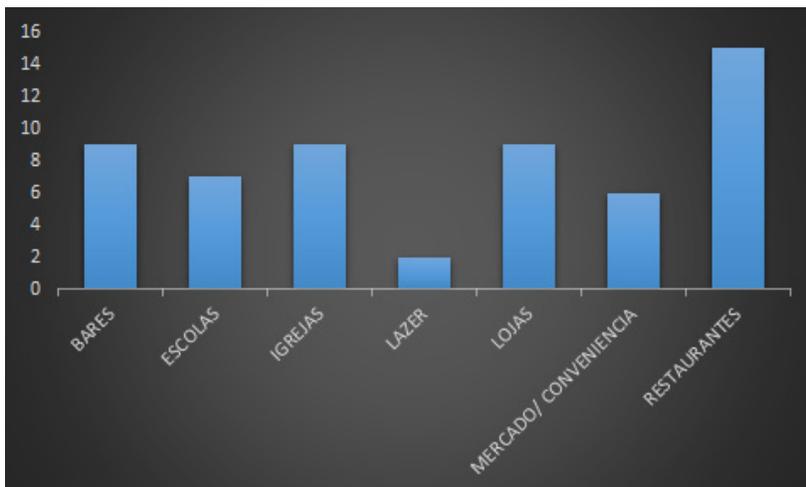


Figura 2: Dados obtidos com o raio de 500m da área de estudo.

Fonte: Autores, 2021.

A partir da figura 2, é possível notar que se tem uma quantidade significativa de serviços na região de estudo, contudo, com a má distribuição de alguns serviços, tais como, restaurantes/lançonetes, locais de lazer, bares e lojas, acabam dificultando e distanciando o acesso de uma maioria a esses serviços. Sendo diferente para serviços como escolas, mercados/conveniências e igrejas, que estão melhores distribuídos pelo mapa (figura 1), consequentemente conseguem atender uma maior parcela da comunidade.

A figura 3 apresenta os dados para um raio de 1500m do ponto de referência, sendo possível perceber a entrada de novos elementos no mapa, tais como a delegacia da mulher, farmácias, hospitais e casas lotéricas, serviços esses de grande importância para a comunidade local. A partir da inferência do mapa da figura 3, já pode-se notar uma significativa diferença do mapa anterior, como por exemplo, um grande aumento dos serviços prestados, uma maior distribuição deles, no raio de estudo, contudo, na parte sudeste do mapa, ainda existe uma escassez de serviços.

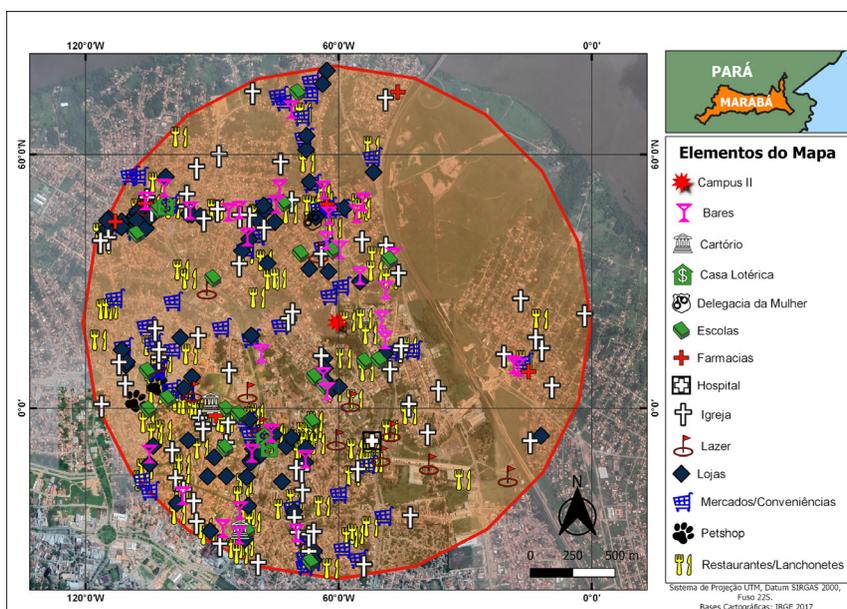


Figura 3: Raio de 1500 m da Unifesspa - Campus II.

Fonte: Autores, 2021.

Por outro lado, a região sudoeste apresenta uma maior diversidade de serviços, principalmente alimentícios (restaurantes/lançonetes), sendo assim, explicado devido o fato de ser uma área próxima de residências, e alto fluxo de pessoas, o que implica em maior utilização destes tipos de serviços, além da comodidade de serem próximas de suas residências (figura 4).

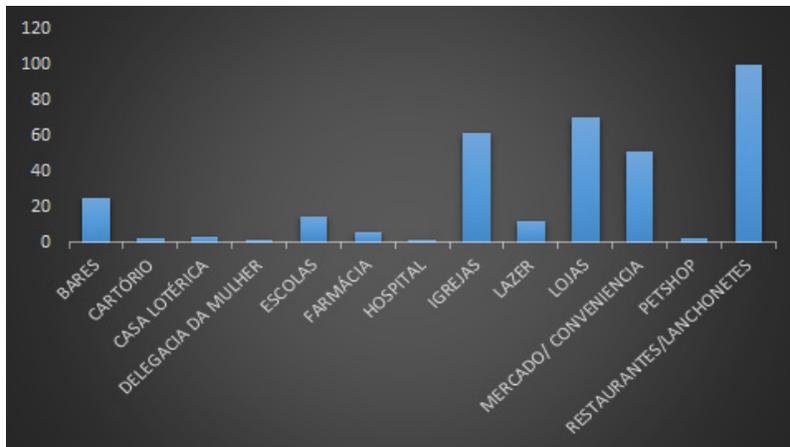


Figura 4: Dados obtidos com o raio de 1500m da área de estudo.

Fonte: Autores, 2021.

Quando se aumenta a área de estudo, consequentemente se aumenta o número de estabelecimentos considerados essenciais aos residentes do raio em questão. Para este caso verifica-se que a partir da inferência da figura 4, que os principais serviços encontrados nesse raio, são de restaurantes/lanchonetes, lojas, igrejas e mercados/conveniências, que podem ser explicados devido estarem distribuídos em áreas com maior concentração e circulação de pessoas, o que acarreta na comodidade dos residentes em ter acessos a esses serviços.

Quanto às igrejas, estas podem ser explicadas pelo número de diferentes congregações existentes no município de estudo, com isso no intuito de atender a todas, o número de igrejas acaba sendo elevado, se voltar à figura 3, há várias igrejas espalhadas e próximas umas às outras, podendo ser explicado pelo fato de haver várias religiões espalhadas e para atender todos os fiéis, se faz necessário desta distribuição.

Oliveira (2019) realizou um estudo da área em questão, intitulada como Av. VE-2, uma via de aproximadamente 3 km de extensão, e que mostra que esta via é um Polo Gerador de Viagem devido o fato de possuir, além do campus em questão, além de outras alternativas em que possibilitam a transação de pessoas, tais como: a praça da criança, escolas próximas a esta localidade e outros

A partir do estudo de Oliveira (2019), é possível se ter noção dos passeios públicos desta localidade, tendo em vista que seu trabalho verificou o Índice de caminhabilidade desta área, o que constatou que de forma geral, estes passeios públicos são inadequados aos pedestres, com presença de desnível, calçadas invadidas pelo mato ou em declividades acentuadas. Pode-se citar ainda que, no período noturno, trechos de áreas mais residenciais possuem iluminação comprometida

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, a temperatura

máxima média pode variar entre 38° C e mínima média de 26° C, e média anual de questões climáticas de Marabá. O clima da região é caracterizado por ter um clima tropical úmido seco (AW), segundo RUBEL et al. (2017), sendo quente e úmido e com período seco bem definido.

4 | CONSIDERAÇÕES

Com a aplicação deste estudo, foi possível constatar que no raio de 1500m do ponto de referência, campus II da Unifesspa, existe uma boa quantidade de serviços sendo estes os principais ligados à saúde, lazer, igrejas, restaurantes entre outros serviços supracitados essenciais à população deste entorno.

Entretanto, é notório a má distribuição desses serviços, o que dificulta e distancia o acesso de alguns moradores locais, de modo a influenciá-los a fazer uso de meios de transporte motorizados, para se deslocarem até os serviços que necessitam, podendo percorrer até distâncias maiores que o necessário.

Porém esse não é o único problema encontrado pela comunidade local, podendo ser citado também a escassez da mobilidade urbana, ou seja, a ausência, ou a má qualidade dos calçamentos, além da falta de faixas destinadas aos ciclistas, iluminação precária, e a pouca segurança, visto que não se tem rondas contínuas da polícia sobre este entorno.

O fator climático da região, também dificulta a escolha dos meios de transporte alternativos, como meio de se locomover até o local/serviço desejado, por se tratar de uma região com um clima tropical úmido seco, onde a média da temperatura pode variar de 26 a 38 °C, tem-se a necessidade de uma boa arborização das vias, fato esse que não ocorre, prejudicando assim ainda mais na forma de se locomover da população.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, V.; LINKE, C. C. Cidades de pedestres: **A caminhabilidade no Brasil e no mundo**. Babilônia Cultura Editorial. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 12 de fev. 2021.

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. **Revisão sistemática: noções gerais**. Rev. Esc. Enferm. USP. 45(5):1260-6. São Paulo, 2011.

IBGE (2021). Pará, Marabá, infográficos: dados gerais do município. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/panorama>>. Acesso em: 19 de fev. 2021.

INMET. Pará, Marabá, infográfico: dados gerais do município. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 04 de abr. de 2021 às 16:15

NASCIMENTO, M. P. C., CALDAS, V. A., LEITE, P. S. **Influência da implantação de ciclovias/ ciclofaixas sob a ótica dos comerciantes locais.** XXXI CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET RECIFE. Recife, 2017.

OLIVEIRA, W, R. **Análise funcional de calçadas no entorno de polos geradores de viagem no município de Marabá-PA através do índice de caminhabilidade.** Marabá, 2019. 87. (Trabalho de Conclusão de curso) Instituto de Geociências e Engenharia, Universidade Federal do Sul e sudeste do Pará, Marabá, 2019.

Overstreet, Kaley. **“Uma utopia para pedestres: a “cidades de 15 minutos”** [Creating a Pedestrian-Friendly Utopia Through the Design of 15-Minute Cities] 23 Jan 2021. ArchDaily Brasil. (Trad. Bisineli, Rafaella). Disponível em:<<https://www.archdaily.com.br/br/955271/uma-utopia-para-pedestres-a-cidades-de-15-minutos>> ISSN 0719-8906. Acessado: 19 Fev 2021.

RUBEL, F.; BRUGGER, K.; HASLINGER, K.; AUER, I.. 2016. **The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100.** *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 26, No. 2, 115–125.

SILVEIRA, M. O. MOBILIDADE SUSTENTÁVEL: **A bicicleta como um meio de transporte integrado.** Orientador: Ronaldo Balassiano. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA, A. C. S.; TACO, P. W. G.; LIMA, A. C. F.; SILVA, E. A. M. **Isovistas aplicadas à localização de unidades de informação para mobilidade de pedestres.** *Rev. Ambient. constr.* vol.20 no.4. Porto Alegre, 2020.

TEIXEIRA, I. P.; NAKAMURA, P. M.; SMIRMAUL, B. P. C.; FERNANDES, R. A.; KOKUBUN, E. **Fatores associados ao uso de bicicleta como meio de transporte em uma cidade de médio porte.** *Rev Bras Ativ Fis Saúde* p. 698-710. São Paulo, 2013.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 05/04/2021

Talita Dalbosco

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Passo Fundo – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2307332654763548>

Gabriel Capellari Santos

Universidade de Passo Fundo, Graduação em Engenharia Química
Passo Fundo – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7831851597549912>

Vandré Barbosa Brião

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Passo Fundo – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0376063926138318>

Nelson Miguel Grubel Bandeira

Universidade de Passo Fundo, Laboratório de Cromatografia
Passo Fundo – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3270700108583990>

Aline Manfroi Soster

Universidade de Passo Fundo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Passo Fundo – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/4994621327757408>

RESUMO: O antidepressivo fluoxetina tem sido detectado em recursos hídricos como um poluente emergente. A osmose inversa apresenta-se como uma técnica promissora e eficaz para sua remoção, sendo considerada, ainda, incomum nas estações de tratamento convencionais. Logo, este estudo teve como objetivo avaliar a osmose inversa como uma técnica avançada para remover a fluoxetina da água. Destaca-se a alta remoção do fármaco (> 98%) nas condições testadas, variando a pressão operacional do sistema, em temperatura e pH controlados, comprovando sua alta eficiência no tratamento de águas contaminadas com o fármaco.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes emergentes; osmose inversa; tratamento de água.

REVERSE OSMOSIS USED IN REMOVING FLUOXETINE FROM WATER SOLUTIONS MODEL

ABSTRACT: The antidepressant fluoxetine has been detected in water resources as an emerging pollutant. Reverse osmosis is a promising and effective technique for its removal, and is still considered uncommon in conventional treatment plants. Therefore, this study aimed to evaluate reverse osmosis as an advanced technique to remove fluoxetine from water. The high removal of the drug (> 98%) under the conditions tested stands out, varying the operating pressure of the system, in controlled temperature and pH, proving its high efficiency in the treatment of water contaminated with the drug.

KEYWORDS: Emerging pollutants; reverse osmosis; water treatment.

1 | INTRODUÇÃO

Medicamentos são frequentemente detectados em águas e matrizes ambientais, sendo considerados uma ameaça ambiental, uma vez que suas concentrações baixas é motivo de grande preocupação da comunidade científica (SILVA et al., 2016; GARCIAIVARS et al., 2017, JARIA et al., 2015; TORRES et al., 2012). A Fluoxetina é utilizada no tratamento de depressão e ansiedade, sendo um dos poluentes emergentes mais persistentes do grupo ISRS, mesmo após alguns tratamentos convencionais (JARIA et al., 2015), que não são projetados e nem eficazes para eliminar poluentes emergentes, e a osmose inversa (OI) aparece para sanar esta problemática. Ainda considerados incomuns, possuem remoções elevadas de constituintes (CARVALHO et al., 2006; MARTINEZ et al., 2013; URTIAGA et al., 2013; LEE et al., 2012).

O objetivo desta proposta é utilizar a membrana de OI como técnica avançada de tratamento na remoção da FLU de amostras de água de soluções modelo, visando melhorar qualidade da mesma.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O equipamento de filtração de bancada (Fig. 1), foi desenvolvido no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade de Passo Fundo, A membrana utilizada foi a ULP2012-100, operando sob baixas pressões. O teste de remoção foi realizado com a solução de alimentação (20 mg L^{-1}) submetida à recirculação pelo sistema por 1 hora em cada pressão (1 a 7 bar), em duplicata.

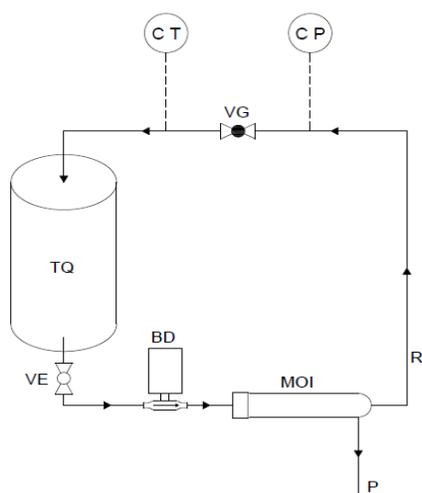


Figura 2: Respectivamente, TQ: tanque de alimentação; VE: válvula esférica; BD: Bomba de diafragma; MOI: Membrana de Osmose Inversa; P: permeado; R: Retido; CP: controlador de pressão; CT: controlador de temperatura; VG: válvula globo.

Para identificação, todas as amostras foram submetidas à análise de cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas em série (LC-MS/MS). O cálculo do índice de rejeição foi feito a partir da equação:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_r}$$

Sendo, R o índice de rejeição, C_p a concentração do permeado e C_r a concentração do retido, ou seja, a final.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos, após o cálculo de remoção, ao final de 1 hora de recirculação no sistema, bem como a média das porcentagens para cada pressão analisada, em duplicata.

P (bar)	1	2	3	4	5	6	7
R _A (%)	99,7	99,6	98,9	98,9	98,1	99,1	99,4
R _B (%)	100	100	99,1	100	100	100	100
Md.(%)	99,85	99,80	99,95	99,45	99,05	99,55	99,70

Tabela 1: Porcentagens obtidas nas diferentes pressões.

Em ambos os testes, as taxas de remoção foram entre 98 e 100%, superiores às taxas mencionadas pelo fabricante, comprovando seu alto desempenho. A média global foi elevada, mostrando que a membrana utilizada, mesmo com a característica de trabalhar a pressões menores que as usuais para OI, é eficaz no tratamento avançado de água contaminada com o fármaco. A semelhança das porcentagens demonstra que, mesmo em pressões menores, a taxa de remoção é alta e, até mesmo, total.

Utilizando pressões reduzidas, o consumo energético é menor, viabilizando sua utilização e sustentabilidade. Em um estudo, as membranas de OI foram submetidas a um gradiente de baixa pressão. Houve a rejeição de mais de 99% de todos os compostos alvo (URTIAGA et al., 2013). As membranas OI podem remover praticamente todos os tipos de farmacêuticos ativos, com taxas de remoção superior a 75%, sendo menos influenciados por efeitos como os eletrostáticos e hidrofóbicos (TAHERAN et al., 2016).

A compreensão dos mecanismos de rejeição de poluentes traços de origem orgânica por membranas, bem como as interações entre estes contaminantes e a membrana, sua camada de incrustação e outros solutos ainda são considerados inconclusivos (HAJIBABANIA, 2010).

Por ser um composto molecular, a FLU, mesmo em solução, não sofre dissociação iônica, mantendo sua estrutura. Logo, devido sua massa molecular relativamente alta, a

exclusão de tamanho também foi um mecanismo de rejeição, uma vez que os poros das membranas de OI são pequenos, na ordem de $0,002 \mu\text{m}$. É verificado com estudos da comunidade científica que a OI remove os compostos com base em seu tamanho, mudança e incapacidade de permear a superfície ativa da membrana (LEE et al., 2012).

Os processos de membrana estão sendo cada vez mais implementados em tratamento de água porque essas tecnologias combinam estabilidade do processo com excelente qualidade de efluente (URTIAGA et al., 2013). A técnica não faz uso de reagentes químicos, não gerando subprodutos tóxicos. O tempo de análise é relativamente baixo, o que não interferiu nas altas taxas de FLU removidas.

4 | CONCLUSÕES

A membrana utilizada mostrou elevada taxa de remoção da FLU nas condições experimentais, contribuindo no tratamento avançado de águas e vem de encontro com índices encontrados na literatura, em estudos de remoções utilizando a mesma técnica e/ou técnicas acopladas com outros medicamentos. Além disso, opera em pressões reduzidas, garantindo baixo consumo de energia, e menos despesas no pós-tratamento, não interferindo na eficiência de remoção.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. L., COSTA, M. R., FAGUNDES, H.. **Uso racional de psicofármacos**. CPSM/SMS-Rio. Ano 1. V.1, 2006.

GARCIA-IVARS, J., MARTELLA, L., MASSELLA, M., CARBONELL-ALCAINA, C., ALCAINA-MIRANDA, M. I., IBORRA-CLAR, M. I. **Nanofiltration as tertiary treatment method for removing trace pharmaceutically active compounds in wastewater from wastewater treatment plants**. Water Research. N. 125, p. 360-373, 2017.

HAJIBABANIA, S. **Effect of Fouling on Removal of Trace Organic Compounds by Nanofiltration**. 173 p. Tese. (Mestrado em Engenharia de Pesquisa). School of Chemical Engineering University of New South Wales. Sydney, Australia, 2010.

JARIA, Guilaine, CALISTO, Vânia, GIL, María V., OTERO, Marta, ESTEVES, Valdemar I. **Removal of fluoxetine from water by adsorbent materials produced from paper mill sludge**. Journal of Colloid and Interface Science. N. 448, 2015

LEE, Carson, HOWE, Kerry J., THOMSON, Bruce M. **Ozone and biofiltration as an alternative to reverse osmosis for removing PPCPs and micropollutants from treated wastewater**. Water research. N. 46, 2012.

MARTINEZ, F., LOPEZ-MUNHÓZ, M. J., AGUADO, J., MELERO, J. A., ARSUAGA, J., SOTTO, A., MOLINA, R., SEGURA, Y., PARIENTE, M. I., REVILLA, A., CERRO, L., 132 CARENAS, G. **Coupling membrane separation and photocatalytic oxidation processes for the degradation of pharmaceutical pollutants**. Water Research. N. 47, 2013.

SILVA, R. F.; SILVA, G. L.; SILVA, P. T. S.; SILVA, V. L. **Identificação e Quantificação de Contaminantes Emergentes em Estações de Tratamento de Esgoto**. Rev. Virtual Quim. v. 8. N. 3. p. 702-715, 2016.

TAHERAN, M., BRAR, S. K., VERMA, M., SURAMPALLI, R.Y., ZHANGC, T.C., VALERO, J.R. **Membrane processes for removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) from water and wastewaters**. Science of the Total Environment. N. 547, 2016.

TORRES, Nádia H., AMÉRICO, Juliana H. P., FERREIRA, Luiz F. R., NAZATO, Carina, MARANHO, Lucineide A., VILCA, Franz Z., TORNISIELO, Valdemar L. **Fármacos no ambiente – revisão**. Revista de estudos ambientais (Online). v.14, n. 4, p. 67-75, jul./dez. 2012.

URTIAGAA.M., PÉREZ G., IBÁÑEZ R., ORTIZ I. **Removal of pharmaceuticals from a WWTP secondary effluent by ultrafiltration/reverse osmosis followed by electrochemical oxidation of the RO concentrate**. Desalination. N. 331, 2013.

O AVANÇO DA TECNOLOGIA *EXPANDER BODY* NO BRASIL

Data de aceite: 01/07/2021

Carlos Medeiros Silva

EMBRE Engenharia e Fundações Ltda.
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/1222667089273854>

Fernando Feitosa Monteiro

Universidade de Brasília
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/3204932197766528>

Renato Pinto da Cunha

Universidade de Brasília
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/9013693430617718>

Yago Machado Pereira de Matos

Universidade de Brasília
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/5533205384020554>

RESUMO: A tecnologia *Expander Body* (EB) tem sido usada com sucesso para aumentar a resistência de ponta de estacas escavadas em diversos tipos de solo ao redor do mundo, principalmente na Bolívia. Esta tecnologia foi inserida de forma pioneira no mercado brasileiro em 2018 e vem exibindo resultados satisfatórios em relação ao acréscimo de capacidade de carga das estacas e redução de deslocamentos para se atingir a carga de projeto desejada, quando comparada com estacas não equipadas com o sistema EB. Uma vantagem importante do sistema EB é a capacidade de monitorar o processo de expansão do EB, que fornece

informações importantes relativas a resistência e rigidez do solo ao redor da ponta da estaca. O presente trabalho tem o objetivo de apresentar o avanço da tecnologia *Expander Body* no Brasil, bem como avaliar resultados obtidos com a utilização desta tecnologia. Observa-se que esta tecnologia inovadora se apresenta como uma solução com grande versatilidade e potencial para uso na prática em solos lateríticos, porosos e não saturados.

PALAVRAS-CHAVE: *Expander Body*, DywiExpander, Estacas, Desempenho.

THE ADVANCE OF THE EXPANDER BODY TECHNOLOGY IN BRAZIL

ABSTRACT: The *Expander Body* (EB) technology has been successfully used to increase the tip resistance of excavated piles in several soil types around the world, mainly in Bolivia. This technology was pioneered in the Brazilian market in 2018 and has been showing satisfactory results regarding the increase of pile load capacity and reduction of displacements to reach the desired design load, when compared to piles not equipped with the EB system. An important advantage of the EB system is the ability to monitor the EB expansion process, which provides important information regarding the strength and stiffness of the soil around the pile tip. This work aims to present the advance of the *Expander Body* technology in Brazil, as well as to evaluate results obtained with the use of this technology. It was observed that this innovative technology presents itself as a solution with great versatility and potential for practical use in lateritic, porous and unsaturated soils.

KEYWORDS: Expander Body, DywiExpander, Piles, Performance.

1 | INTRODUÇÃO

O *Expander Body* (EB) é produzido a partir de chapas de aço dobradas, sanfonadas, em forma de um corpo cilíndrico, sendo estes instalados na ponta da estaca. O conceito *Expander Body* (EB) foi desenvolvido pelo engenheiro sueco Bo Skogberg durante a década de 80 na Suécia e aperfeiçoado na Bolívia durante a última década (Terceros Herrera e Terceros Arce, 2016). A partir da injeção de calda de cimento, o EB pode ser inflado, gerando um balão de aço de alta resistência à prova de água (Figura 1).



Figura 1. Etapas de expansão do *Expander Body*.

Segundo Silva et al. (2018), o EB foi prioritariamente aplicado em solos arenosos, considerando esses solos como ótimos para densificação. Entretanto, nas últimas duas décadas, o sistema recebeu inovações, tal como o melhoramento do processo de dobramento, sanfonamento do aço e um novo dispositivo de pós-injeção da ponta. A injeção da ponta permite melhorar o solo abaixo do EB. Aproximadamente 20.000 EBs já foram instalados nas Américas (Brasil, Bolívia, Argentina, Paraguai, Peru, México, EUA e Canadá). Ainda segundo Silva et al. (2018), o sistema foi instalado em uma ampla gama de solos, desde argilas moles a muito rijas, solos sedimentais e areias, bem como rochas brandas. O tipo de instalação do *Expander Body* (EB) pode variar em função das condições de solo, disponibilidade de espaço para a execução da estaca e da capacidade de carga requerida da mesma.

2 | A TECNOLOGIA EXPANDER BODY

A Figura 2 apresenta o processo executivo de estacas escavadas equipadas com a tecnologia *Expander Body*. No caso de estacas escavadas, o EB é instalado em conjunto com a armadura da estaca até que o EB atinja a cota de projeto na base da estaca. Após à instalação, o EB é expandido por injeção de calda de cimento, através de uma tubulação de pequeno diâmetro, criando um bulbo hermético de alta resistência. Durante esta etapa, valores de pressão e volume são registrados manualmente ou automaticamente, obtendo

dados que apresentam grande semelhança com o ensaio pressiométrico de Ménard. A expansão do EB acarreta em um acréscimo do diâmetro da estaca (principalmente em sua base), bem como a redução do comprimento do EB. O encurtamento do EB desenvolve uma zona não comprimida abaixo da ponta. A segunda fase de injeção da calda de cimento é convencionalmente executada através de um tubo de menor diâmetro que se encontra dentro do tubo principal durante a primeira fase de injeção do EB (passando pelo EB). Esta segunda injeção de calda de cimento também comprime o solo na ponta da estaca, aprimorando a sua capacidade de carga e a sua rigidez.

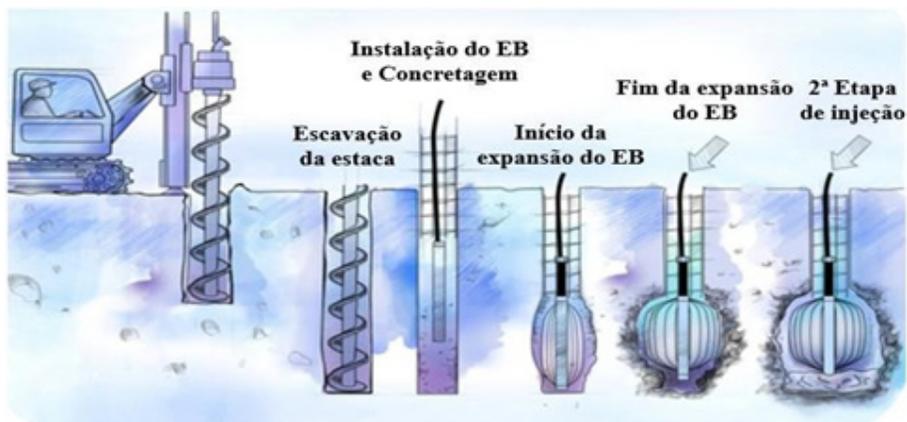


Figura 2. Processo executivo da tecnologia EB.

A primeira etapa de injeção do EB é caracterizada por sucessivas medidas de pressão que o EB exerce nas paredes da escavação e volume injetado durante a expansão do balão metálico, podendo analisar o acréscimo da rigidez e da resistência do solo adjacente à ponta da estaca. A expansão do EB no solo possui uma semelhança significativa com o ensaio pressiométrico realizado em um pré-furo (Terceros Arce e Terceros Herrera, 2017). A Figura 3 exibe uma curva típica de pressão- volume durante a primeira etapa de injeção (expansão do EB). Na primeira etapa de injeção, observa-se uma razoável semelhança com o ensaio pressiométrico de Ménard. A pressão limite e a pressão de injeção necessária para expandir o EB são afetadas pelo tipo de instalação da estaca e pelo tipo de solo em que o EB está inserido (Broms e Nord, 1985).

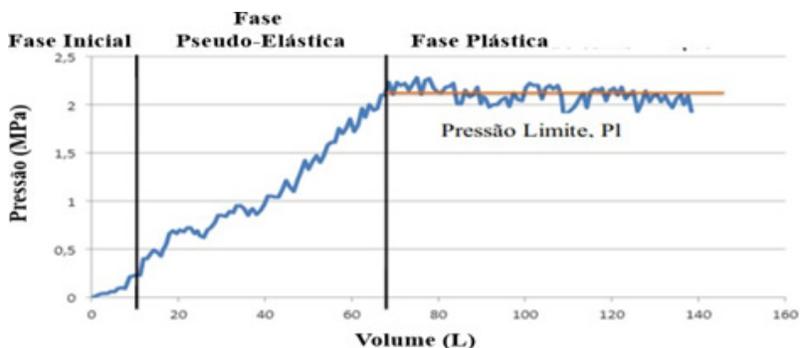


Figura 3. Curva pressão x volume do EB.

O sistema é disponibilizado em diferentes dimensões em função dos requisitos de projeto. A Tabela 1 apresenta as diferentes geometrias dos modelos de EB. Os modelos de EB apresentam comprimentos entre 1 e 2 m, largura de 0,12 m (estado inicial). Os modelos permitem expansão, obtendo diâmetros finais entre 0,4 a 0,8 m.

Modelo	L_i (m)	L_f (m)	\varnothing_f (m)	A_P (m^2)	A_L (m^2)	V (m^3)
EB 310	1,0	0,91	0,3	0,13	0,86	0,06
EB 410	1,0	0,86	0,4	0,13	1,10	0,11
EB 612	1,2	0,96	0,6	0,28	1,83	0,27
EB 615	1,5	1,26	0,6	0,28	2,38	0,36
EB 815	1,5	1,26	0,6	0,50	3,17	0,63
EB 820	2,0	1,76	0,8	0,50	4,42	0,88

Onde: L_i é comprimento do EB antes da expansão; L_f é o comprimento do EB após a expansão; \varnothing_f é o diâmetro final do EB após a expansão; A_P é área da base do EB após a expansão; A_L é a área lateral do EB após a expansão; V é o volume do EB após a expansão.

Tabela 1. Modelos de EB.

Recentemente, Silva et al. (2019) descrevem a criação de um novo sistema similar ao EB no Brasil, o sistema DywExpander (DWE). O sistema é composto por barra vazada onde é realizada as fases injeção do *Expander Body* e da consolidação da ponta do DywExpander (DWE) quando necessário. Segundo Silva et al. (2019), o monitoramento do DWE é feito por meio da aquisição de dados durante a injeção de argamassa, medindo-se a pressão de injeção e o volume de argamassa injetado. Com estes dados podem ser criados três registros básicos: volume versus tempo; pressão versus tempo e pressão versus volume. A curva de pressão versus volume, é necessária para a interpretação do comportamento do DWE. Como a argamassa é cercada pelo corpo de aço impermeável,

esta não penetra e nem fratura o maciço. A área da ponta do corpo parcialmente ou totalmente expandido pode ser estimada com base no volume de argamassa medido (Silva et al., 2019).

Ainda de acordo com Silva et al. (2019), os Dywexpander podem ser dotados de proteção anticorrosiva a base de zinco ou por meio da dupla proteção anticorrosiva. Segundo Hoffemann (2005), as barras, dotadas de revestimento por imersão em banho de zinco, estão sujeitas à agressividade de dois ambientes totalmente diferentes, que são a atmosfera e o solo. Na atmosfera, o metal é atacado lentamente, enquanto que no solo a presença de íons livres em profundidade pode proporcionar a formação de um gradiente iônico ao longo da fundação, fazendo com que as regiões mais ricas em sais se tornem anódicas. Processo que com o passar do tempo, pode corroer totalmente as armaduras da fundação, principalmente se forem em grelhas (Silva et al., 2019). Para combater a corrosão, o DywExpander pode ser submetido a um sistema de dupla proteção contra corrosão (*Double Corrosion Protection – DCP*) que é comumente utilizado nos tirantes tipo Dywidag quando instalados em meios agressivos. O sistema DCP é composto de revestimento corrugado ao redor da barra em todo o comprimento da barra, garantindo proteção permanente contra a corrosão. O DCP confere ao sistema de proteção contra corrosão uma durabilidade superior a 100 anos (Silva et al., 2019).

3 | ESTUDOS REALIZADOS NO BRASIL

A tecnologia *Expander Body* foi implementada de modo pioneiro no Brasil em 2018 (Silva et al., 2018 e Silva et al., 2019). Provas de carga em estacas mecanicamente escavadas equipadas com e sem a tecnologia *Expander Body* foram realizadas no Campo Experimental de Fundações e Ensaio de Campo da Universidade de Brasília. As estacas foram submetidas a esforços axiais de compressão e tração, apresentando comprimentos entre 8 e 10 m e diâmetros entre 0,25 e 0,3m. O modelo EB 612 foi empregado em todas as estacas, resultando em um diâmetro final da ponta de 0,6 m nas estacas escavadas mecanicamente. A Figura 4 exibe curvas carga – deslocamento para estacas mecanicamente escavadas equipadas com e sem o EB assentes a uma profundidade de 10 m. O perfil estratigráfico do Campo Experimental de Fundações e Ensaio de Campo da Universidade de Brasília é exibido na Figura 5.

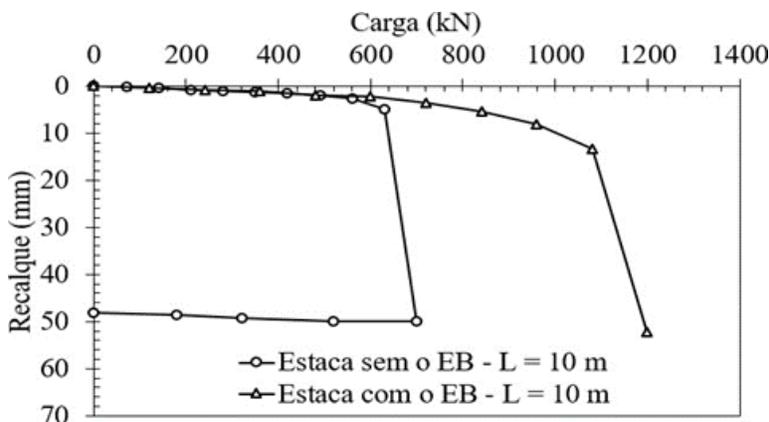


Figura 4. Curvas carga – deslocamento de estacas equipadas com e sem o EB.

Profundidade (m)	Estatigrafia do solo	N_{SPT}	q_c (MPa)	f_s (MPa)
0.0		2	0.66	0.02
		2	0.47	0.02
	Areia Siltosa	3	0.65	0.04
	Solo laterítico	3	0.86	0.05
		6	1.13	0.07
6.0		5	1.46	0.09
8.0	Síte Arenoso	10	2.42	0.14
		22	3.69	0.21
10.0	Camada de transição	23	3.89	0.21
		28	4.54	0.23
12.0	Argila Siltosa	25	4.64	0.23
	Saprólito	33	4.40	0.23

Figura 5. Perfil estratigráfico do campo experimental.

As estacas equipadas com o EB submetidas à compressão, apresentaram um ganho de capacidade de carga da ordem de 70 a 80%, enquanto que as estacas acopladas com o EB sujeitas a esforço de tração apresentam um acréscimo da ordem de 40% em termos de carga de ruptura quando comparadas com as estacas escavadas mecanicamente sem a utilização do EB. Verifica-se ainda que a inclusão do sistema EB na ponta das estacas, bem como a sua expansão induz tensões ao maciço terroso, alterando o estado de tensões do solo, acarretando em uma redução significativa de deslocamentos da estaca, ou seja, aferindo um ganho significativo de capacidade de carga quando comparado com a estaca sem a tecnologia *Expander Body*. A Figura 6 apresenta as curvas pressão – volume da primeira (expansão do EB) e segunda etapa (injeção de fundo) de injeção. A curva obtida durante a expansão do EB apresenta razoável semelhança com a curva obtida em um ensaio pressiométrico Menárd. Desta forma, este controle tecnológico no entorno da ponta

da estaca permite conhecer as condições do solo, além de possibilitar a interpretação de parâmetros geotécnicos similares aos obtidos em ensaios pressiométricos.

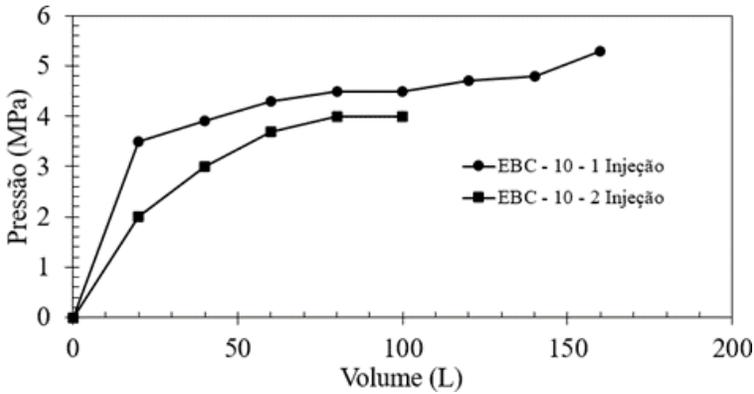


Figura 6. Curvas pressão – volume da primeira e segunda etapa de injeção.

Silva et al. (2019) reporta que os ensaios realizados em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, foram executados em solos argilo arenosos caracterizados pela sondagem apresentada na Figura 7. A formação geológica da região é a pré-cambriana antiga, com ocorrência de siltito, ardósia, calcário e filito. Neste local, o sistema *Expander Body* foi empregado com barras de aço de alta resistência do tipo Dywidag, sistema DYWEXPANDER (DWE). O sistema DWE permite que a injeção seja realizada pelo eixo da monobarra vazada ou paralela a monobarra.

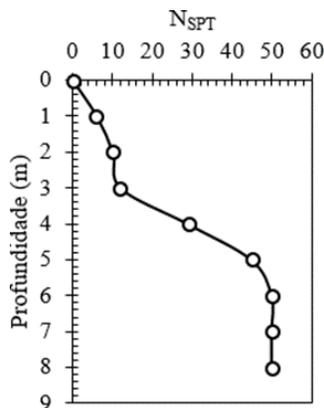


Figura 7. Valores de N_{SPT} ao longo da profundidade.

Na Figura 8 são apresentados os dados obtidos durante a injeção realizada em dois Dywexpander (DWE) instalados na cidade de Montes Claros, Minas Gerais. De acordo com Silva et al. (2019), os ensaios foram realizados para comprovar a eficiência de aplicabilidade

do sistema em ancoragens de estais de torres de linha de transmissão de energia para verificar o ganho de desempenho e de capacidade de carga para diferentes diâmetros de bulbo. Os dois Dywexpander foram instalados no mesmo horizonte, profundidade aproximada de 7,50m em relação a cota de boca do furo de sondagem SPT (Figura 7), fato que possibilitou a comparação dos resultados obtidos. O DWE 33, apresenta um comprimento de 8,5m e inclinação de 33 graus com a vertical, enquanto DWE 0, esta assente a uma profundidade de 7,50 m e inclinação de zero graus com a horizontal. Foram injetados 80 litros de argamassa do DWE 0, acarretando assim, em um bulbo com diâmetro final de 0,4 m e 200 litros de argamassa no DWE 33, obtendo um bulbo com 0,6 m de diâmetro final. Um terceiro Dywexpander foi instalado sem injeção de argamassa (SI), o DWE 0 (SI), foi instalado com comprimento de 8,50m e zero graus com a horizontal. Conseqüentemente, o DWE 0 (SI) não possui bulbo e manteve sua ponta no diâmetro de perfuração do tirante, sendo este igual a 0,3 m. A Figura 8 apresenta as curvas pressão – volume de injeção dos Dywexpander. Nota-se que o DWE 33 induziu pressões da ordem de 5 MPa ao maciço terroso de solo, ao passo que o DWE 0 apresenta pressões da ordem de 4,5 MPa.

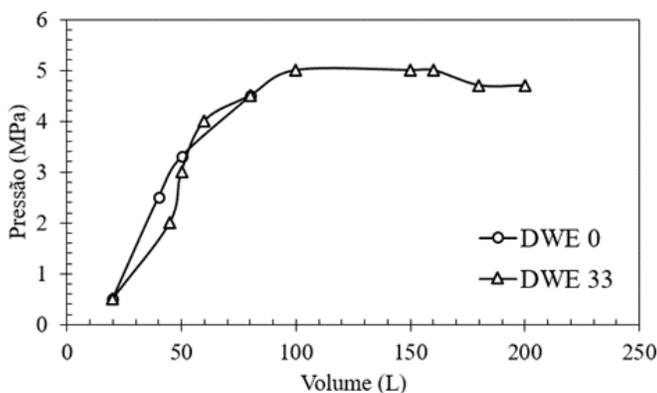


Figura 8. Curvas pressão – volume dos DWE.

Nesta localidade, foram realizadas 3 provas de cargas à tração nas estacas equipadas com o DWE. A prova de carga à tração DWE 0 (SI) foi realizada em ancoragem sem bulbo e as DWE 33 e DWE 0 em ancoragens com bulbos de 0,6 m e 0,4 m de diâmetro, respectivamente. As curvas carga - deslocamento são apresentadas na Figura 9. As Provas de Carga nas estacas DWE 0 e DWE 0 (SI) foram interrompidas com 20 mm de deslocamento, pois não foi possível estabilizar os deslocamentos, observando assim, que o solo atingiu o estado último em termos de capacidade carga. Entretanto a prova de carga realizada no DWE 33, com um bulbo de 0,6 m de diâmetro foi interrompida com 900 kN devido a monobarra Dywidag DW37 estar próxima do seu patamar de escoamento, ou seja,

verificando que o solo ainda apresentava capacidade resistiva.

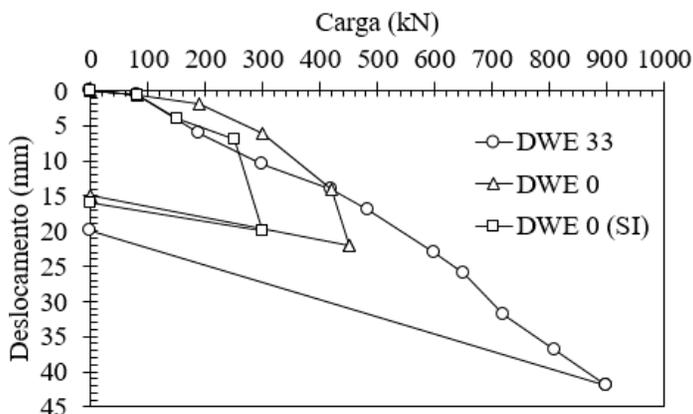


Figura 9. Curvas carga-deslocamento dos DWE.

Verifica-se que o sistema DywExpander promoveu um ganho de desempenho para as ancoragens, em termo de capacidade de carga. Observa-se que a capacidade de carga última da estaca sem bulbo, o DWE 0 (SI), foi de 300 kN, enquanto que a capacidade de carga para o sistema DywExpander com bulbo de 0,4 m de diâmetro foi de 450kN, ou seja, um acréscimo de capacidade de carga da ordem de 50%. Para o DywExpander com bulbo de 0,6 m de diâmetro, a capacidade estrutural do sistema foi atingida sem extinguir a capacidade geotécnica do sistema, que no caso deste ensaio foi da ordem de 900kN, devido a paralisação do ensaio por questões de segurança. Desta forma, verifica-se que a capacidade da ancoragem foi acrescida em uma ordem de 200%. Vale mencionar ainda que, para uma carga de 400 kN, o DWE 33 apresenta um deslocamento de 14 mm, ao passo que DWE 0 exibe um deslocamento de 22 mm. Tal fato é importante, pois obras como estais de linhas transmissões apresentam deslocamentos limitantes. Desta forma, o sistema DywExpander se mostra como uma alternativa técnica versátil que além de aprimorar a capacidade de carga da estaca, reduz os deslocamentos necessários para se atingir a capacidade de carga desejada, quando comparada com estacas convencionais não equipadas com o sistema.

Observa-se que os estudos realizados no Brasil até o presente momento, indicam que o sistema DywExpander e *Expander Body* apresentam-se como soluções alternativas para projetos de fundações em solos tropicais.

4 | CONCLUSÕES

Um importante desenvolvimento da tecnologia de fundações por estacas tem sido a possibilidade de monitorar e controlar o processo de execução. Essas informações

podem ser usadas para determinar a profundidade necessária de instalação e estimar, com base em correlações empíricas, a capacidade de carga das estacas após a instalação. A utilização de novas tecnologias como o *Expander Body* e o *DywExpander* estabelece uma alternativa de soluções para fundações visando atender diversos tipos de empreendimento. A partir dos estudos realizados, foi possível perceber o avanço desta tecnologia no Brasil e como sua aplicabilidade em solos tropicais comumente encontrados no Brasil pode ser vantajosa em termos de ganho de capacidade de carga e redução dos deslocamentos para se atingir a carga de projeto desejada. Nota-se assim que esta tecnologia inovadora se apresenta como uma solução com grande versatilidade e potencial para uso na prática em solos lateríticos, porosos e não saturados.

Vale mencionar ainda que a partir das curvas pressão – volume de injeção dos EBs e dos DWEs, é possível obter parâmetros de resistência do solo utilizando os mesmos princípios de interpretação de ensaios pressiométricos. Além de possuir um controle do do comportamento em termos de resistência do solo circundante a ponta da estaca.

REFERÊNCIAS

BROMS, B.B., NORD, B. (1985). **Axial Bearing Capacity of the Expander Body Pile**. *Soils and Foundations*, Vol. 25(2), p. 35-44.

HOFFMANN, J. N. (2005). **Proteção Contra Corrosões nas Fundações das Torres Metálicas Utilizando Energia Induzida pelo Campo Elétrico da Linha de Transmissão**. In: Espaço e Energia, ed.2. Curitiba: COPEL, 37p.

SILVA, C.M., TERCEROS H.M.A., TERCEROS M., ESPOSITO, C., FERNÁNDEZ, D.H., CUNHA, R.P. (2018). **Uso da Tecnologia Expander Body em Estacas Solicitadas a Tração e a Compressão Assentes em Solo Tropical do Brasil**. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Geotecnia e Desenvolvimento Urbano, Vol. 3, p. 16-28.

SILVA, C.M., TERCEROS H.M.A., LENTZ, L., CUNHA, R.P. (2019). **A Tecnologia Expander Body em Tirantes e Estacas no Brasil**. IX Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, v. 2, p. 46-56.

TERCEROS HERRERA, M.A., TERCEROS ARCE, M. (2016). **Recent Advances in The Expander Body Technology**. XVIII Brazilian Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 2, p 31-38.

TERCEROS ARCE, M., TERCEROS HERRERA, M.A. (2017). **Expander Body and Toe-Box: Expansion Devices for Deep Foundations Enhancement**. 3rd Bolivian conference on deep foundations, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Vol.1, p. 209-227.

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