

Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea:

inovação, tecnologia
e sustentabilidade
Vol. 6

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)



AYA EDITORA
2024

Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea:

inovação, tecnologia
e sustentabilidade

Vol. 6

Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea:

inovação, tecnologia
e sustentabilidade
Vol. 6

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)



AYA EDITORA
2024

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora©

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora©

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharías

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva

Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Dr. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria de Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

Universidade Federal de Roraima

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.º Dr. Rômulo Damasclin Chaves dos Santos

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Prof.ª Dr.ª Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

© 2024 - AYA Editora

O conteúdo deste livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Este livro, incluindo todas as ilustrações, informações e opiniões nele contidas, é resultado da criação intelectual exclusiva dos autores, que detêm total responsabilidade pelo conteúdo apresentado, o qual reflete única e inteiramente sua perspectiva e interpretação pessoal. É importante salientar que o conteúdo deste livro não representa, necessariamente, a visão ou opinião da editora. A função da editora foi estritamente técnica, limitando-se ao serviço de diagramação e registro da obra, sem qualquer influência sobre o conteúdo apresentado ou as opiniões expressas. Portanto, quaisquer questionamentos, interpretações ou inferências decorrentes do conteúdo deste livro devem ser direcionados exclusivamente aos autores.

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade. [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2024. 157 p.

v.6

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-638-6

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385

1. Engenharia civil. 2. Engenharia elétrica. 3. Engenharia Civil (Geotecnia). I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação..... 10

01

Possíveis Recursos a Serem Contemplados em Projetos de Intervenção Urbana em Espaços Públicos de Apiaí - São Paulo 11

Eliane de Lima Furquim
Elaine Alcantara Freitas Peixoto

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.1

02

Trabalho em Altura na Construção Civil e Medidas Preventivas de Segurança do Trabalho 24

Ketelyn Quintino Viana
Carlos Francisco Minari Junior
Fabiana Florian

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.2

03

Microstructural Evaluation of Composites Incorporated With Industrial Waste 38

Joelma Dias
Luiz Fiquene de Brito
Ana Cristina Silva Muniz
Adriana Valéria Arruda Guimarães
Maria Virgínia da Conceição Albuquerque

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.3

04

Determinação da Aderência de Produtos em Acabamento Superficial de Madeiras 54

Gilmar Correia Silva
Breno Santana Sena
Sóstenes Teixeira Santos
João Lucas Borges Lacerda

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.4

05

Estudo da Dinâmica Temporal das Margens da Porção Norte da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul (RS), com Vistas ao Monitoramento da Extração Mineral 63

José Antônio Dias Cacciatore

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.5

06

Classificação Energética de Janelas Residenciais: Perspectivas para Climas Brasileiros..... 71

Géssica Schmitz Forte
Fernando Simon Westphal

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.6

07

Análise do Comportamento Estrutural de Viga Mista com Concreto Armado Convencional e Concreto Leve com EPS..... 91

Luiz Tomas Pazuch
Eduardo Damin

DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.7

08

Eficiência Energética e Otimização de Oxigenação em Estações de Tratamento de Esgoto: Avaliação dos Aeradores Alfamec Turbo 103

Alessandro Fernando Barros
Carlos Manuel Garate Cabezas
DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.8

09

Verificação da Viabilidade de Base Alternativa de Solos Reforçados com Fibra de Coco e Cimento 113

Renata Camila Silveira dos Santos
DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.9

10

Aplicação da Metodologia BIM a um Projeto Elétrico Residencial Unifamiliar 122

Matheus Santos Marques
Emanuel Vedovetto Santos
Katia Palma Matias
Paschoal Molinari Neto
DOI: 10.47573/aya.5379.2.385.10

Organizador..... 151

Índice Remissivo..... 152

Apresentação

O Volume 6 da série “**Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea: Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade**” reúne estudos que abordam desafios e avanços técnicos em arquitetura, engenharia civil e sustentabilidade. Os capítulos exploram temas como planejamento urbano, materiais inovadores, eficiência energética e tecnologias aplicadas.

O planejamento urbano é discutido a partir de propostas de intervenções em espaços públicos, com foco na melhoria da infraestrutura urbana, exemplificado por estudos realizados no município de Apiaí, São Paulo. Esse tema se conecta com questões de segurança no trabalho, destacando a prevenção de riscos em atividades como o trabalho em altura na construção civil.

Materiais e técnicas inovadoras são apresentados em estudos sobre a incorporação de resíduos industriais em compósitos e a análise da aderência de acabamentos em madeiras. Essas investigações ampliam o conhecimento sobre sustentabilidade e eficiência no uso de recursos.

A análise estrutural é abordada no estudo de vigas mistas com concreto leve e convencional, trazendo novas perspectivas para sistemas construtivos. A busca por eficiência também é tema de estudos sobre a utilização de solos reforçados com fibra de coco e cimento como alternativas em projetos geotécnicos.

A eficiência energética permeia diversas discussões, incluindo a classificação de janelas para climas brasileiros e a otimização de processos em estações de tratamento de esgoto. Esses estudos demonstram o impacto da inovação no uso sustentável dos recursos.

Questões ambientais e tecnológicas ganham destaque na análise da dinâmica temporal das margens da Laguna dos Patos, no Rio Grande do Sul, e na aplicação da metodologia BIM em projetos elétricos residenciais, refletindo a importância do monitoramento e da digitalização no setor.

Este volume oferece uma visão integrada de soluções tecnológicas e sustentáveis, contribuindo para o avanço do conhecimento aplicado à arquitetura e engenharia civil.

Boa Leitura!

Possíveis Recursos a Serem Contemplados em Projetos de Intervenção Urbana em Espaços Públicos de Apiaí - São Paulo

Possible Resources to be Considered in Urban Intervention Projects in Public Spaces in Apiaí - São Paulo

Eliane de Lima Furquim
Elaine Alcantara Freitas Peixoto

RESUMO

Este estudo refere-se à pesquisa de Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo, abordando estudo de intervenção em área urbana para proporcionar espaços para prática de atividades físicas e lazer à população de diferentes faixas etárias em Apiaí (SP). O planejamento de cidades atua solucionando problemas existentes e futuros, fundamentando-se na Constituição Federal e no Estatuto da Cidade. O problema da pesquisa apresenta-se como quais recursos à prática de atividade física e lazer podem ser contemplados em áreas públicas na cidade Apiaí atendendo população de diferentes faixas etárias? Como objetivo propõe-se indicação de recursos a integrarem projetos arquitetônicos para espaços públicos existentes serem utilizadas como locais concebidos para prática de atividades físicas e lazer. A justificativa é evidenciar a possibilidade de constituição de espaços em Apiaí com equipamentos para atividades físicas e lazer, atendendo a população quanto à localização e com baixos custos. A atividade física e o lazer trazem benefícios físicos, mentais e sociais às pessoas. Os métodos envolveram revisão de literatura e levantamento de dados de espaços públicos de Apiaí com auxílio de checklist. No centro urbano há locais para prática de atividades físicas e lazer com mais recursos que em área periférica. São propostos locais para práticas de atividade física e lazer distantes 1000 m entre si e os recursos variam de acordo com a área disponível em diferentes localidades. A proposta determina diferentes usos para faixas da população, observando-se aspectos de acessibilidade, manutenção e segurança. Esta pesquisa poderá subsidiar outras a partir dos dados identificados.

Palavras-chave: atividade física; lazer; área pública; planejamento urbano.



ABSTRACT

This scientific paper refers to Scientific Initiation research in Architecture and Urbanism, addressing an intervention study in urban areas to provide spaces for practicing physical activities and leisure for the population of different age groups in Apiaí (SP). City planning works to solve existing and future problems, based on the Federal Constitution and the Estatuto da Cidade. The research problem presents itself as what resources for the practice of physical activity and leisure can be included in public areas in the city of Apiaí, serving populations of different age groups? The objective is to indicate resources to integrate architectural projects for existing public spaces to be used as places designed for physical activities and leisure. The justification is to highlight the possibility of creating spaces in Apiaí with equipment for physical activities and leisure, serving the population in terms of location and with low costs. Physical activity and leisure bring physical, mental and social benefits to people. The methods involved literature review and data collection from public spaces in Apiaí based on a checklist. In the urban center there are places to practice physical activities and leisure with more resources than in peripheral areas of the town. Locations for physical activity and leisure are proposed 1000 m far from one another and resources vary according to the area available in different locations. The proposal determines different uses for groups of the population, taking into account aspects of accessibility, maintenance and safety. This research can support others based on the identified data.

Keywords: physical activity; leisure; public área; urban planning.

INTRODUÇÃO

Este documento refere-se à Pesquisa de Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo.

A pesquisa desenvolveu-se como estudo de planejamento urbano, por envolver planejar espaços em cidades considerando: leis, investimentos, infraestrutura, zoneamento para atuar em melhoria da qualidade de cidade, constituindo-se como processo contínuo, consciente para a solução de problemas vigentes e futuros, como expressa Scopel (2018).

A Constituição Federal determina o estabelecimento de políticas públicas no país (Brasil, 1988), havendo também o Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) que determina princípios de ocupação e uso do solo, preservação, proteção, uso sustentável no meio ambiente garantindo, assim, direito à moradia, ao trabalho e ao lazer.

Para a Associação Mundial de Recreação e Lazer (1993), o lazer promove às pessoas: bem-estar e saúde e possibilita que estas escolham atividades e experiências segundo suas necessidades, preferências e interesses.

Para planejar áreas urbanas nas quais o lazer possa ocorrer, esta pesquisa desenvolve-se na cidade de Apiaí (SP), que tem 24585 habitantes e ocupa área de 974322 km² (Brasil, 2023), analisando áreas públicas do município.

A Praça do Centro de Informações Turísticas, localizada na entrada da cidade, apresenta infraestrutura para receber turistas. A Praça Alberto Dias Baptista é local destinado a shows e festividades na cidade e apresenta infraestrutura e equipamentos para atender

tanto a população local como visitantes. Nem todas as praças do município dispõem dos mesmos recursos, equipamentos, infraestrutura que esta.

O problema desta pesquisa é quais recursos para prática de atividade física e lazer podem ser propostos para serem instalados em áreas públicas na cidade Apiaí para atender a população em suas diferentes faixas etárias?

O objetivo desta pesquisa é: considerando praças e outros espaços públicos de diferentes dimensões existentes na cidade de Apiaí serão indicados possíveis recursos a serem contemplados em projetos para que os espaços públicos existentes possam ser utilizados como local planejado para a prática de atividades físicas e lazer.

A justificativa da pesquisa constitui-se em evidenciar a possibilidade criar espaços na cidade, que recebendo equipamentos voltados às atividades físicas e lazer ao ar livre em áreas públicas, criam opções de prática de exercícios físicos e lazer de baixo custo à população, contribuindo para que esta possa usufruir de atividades físicas e de lazer, já que grande parte da população não dispõe de recursos financeiros ou mesmo de locomoção, tornando inviável o acesso às academias particulares, pois de acordo com IBGE (Brasil, 2023) em Apiaí a renda per capita é R\$ 1,9 salários/mensais.

Como hipótese esta pesquisa apresenta: A criação de locais para lazer e atividade física em espaços públicos, principalmente nas regiões mais afastadas do centro urbano de Apiaí, constitui-se como atrativo para a prática tanto de atividade física como lazer, aliado ao fato de apresentar maior proximidade da população que não precisará se deslocar as áreas centrais da cidade, onde há mais recursos para lazer. O deslocamento até a área central cria uma espécie de “barreira”, visto que a situação econômica de boa parte dos moradores não contribui para aquisição de veículos ou até mesmo para o pagamento de transporte, como taxi particular. Desta maneira, recursos para prática de atividades físicas e lazer distribuídos pela cidade, inclusive na área periférica ao centro, tornam-se mais próximos da população.

REFERENCIAL TEÓRICO

A realidade econômica da população de Apiaí ainda conta com mais um “obstáculo” por não usufruir do transporte público, pois o mesmo deixou de ser oferecido à população do município desde meados de 2022, conforme Apiaí (2022).

A lei 10257/2001, Estatuto da Cidade, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, sendo que o art. 182 expressa que a política de desenvolvimento urbano, que ocorre sob responsabilidade do Poder Público Municipal, tem por objetivo ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade, além de promover a garantia do bem-estar dos habitantes desta (Brasil, 1988).

A administração municipal investe em áreas de lazer da cidade, tendo recebida recursos financeiros da ordem de R\$ 40.000, 00 (quarenta mil reais) por meio de Proposta de Emenda Impositiva para quadras e centros de lazer do município (Apiaí, 2021).

O lazer é definido como: substantivo masculino e refere-se a tempo que se dispõe livremente para repouso ou distração, equivalente a ócio. Também refere-se a atividade que se realiza nesse tempo, segundo o dicionário Priberam da Língua Portuguesa (2008-2021).

Por meio de estudos de pesquisadores nacionais e internacionais, Antônio Carlos Bramante (1998) define alguns significados relacionados ao lazer. Segundo ele, o lazer é algo que está diretamente ligado ao capitalismo, visto que o mundo globalizado atualmente nos “espreme” de tal forma, que o tempo voltado ao ócio se torna algo mais difícil, sendo possível compará-lo a um artigo de luxo. O autor retrata o lazer de forma relativa, por depender de ponto de vista individual, pois o lazer é estabelecido levando em conta o espaço/tempo ou outros fatores.

A prática de exercícios físicos é sempre enfatizada em diversos trabalhos científicos, sendo possível afirmar que seus benefícios são inúmeros, porém existe um quadro preocupante entre jovens e adolescentes. Sabe-se que as doenças relacionadas ao sedentarismo ficam mais presentes na vida adulta, porém os casos de doenças entre crianças e adolescentes estão cada dia mais comuns e, diante dessa realidade, a prática da atividade física na juventude deve ser uma prioridade em saúde pública (Melo; Melo, 2017).

As academias de ginástica são muito procuradas por pessoas adeptas das práticas de exercícios físicos e também por pessoas que estão começando a praticar e desejam se tornar assíduas. Os motivos que influenciam muitas pessoas a frequentarem esses locais voltados para a prática de exercitar são inúmeros, segundo Cunha (1999), sendo geralmente manter saúde e sensação de bem-estar, emagrecimento ou até mesmo a socialização.

A necessidade de lazer está cada vez mais em evidência e esse assunto vem sendo cada vez mais explorado. Porém o que se torna algo essencial para uma boa parte da população se torna algo quase que inacessível, visto que, dependendo do tipo de lazer a ser praticado sempre precisará de um valor financeiro, fator que é levado muito em conta para quem mal tem para sobreviver, como relata Bloch (2017).

Os adensamentos de pessoas são mais comuns do que imaginamos, sendo possível presenciá-los principalmente em áreas livres, porém esse problema precisa ser evitado, de forma que os usuários consigam se locomover, apreciar, praticar seu esporte, sem que o excesso de pessoas lhes provoque algum tipo de sensação de estresse, tensão e até mesmo nervosismo. Tais espaçamentos em áreas abertas foram muito bem apresentados pelo antropólogo Edward T. Hall (1966), que concluiu em sua obra “A dimensão Oculta” que o distanciamento físico, e a disposição dos objetos nessas áreas se torna uma realidade principalmente na cultura europeia, já na cultura japonesa a arrumação, e organização dos espaços considerados vazios são admirados.

A depressão em idosos pode ser desencadeada por fatores biológicos, sendo a genética um fator significativo no desenvolvimento de quadro depressivo. Além disso, fatores psicológicos causam perda de autonomia e agravamento de quadros patológicos preexistentes no idoso, assim como os fatores sociais que interferem na capacidade funcional do autocuidado e em suas relações sociais (Ramos *et al.*, 2017).

É reduzido o diagnóstico de depressão em idosos, estimando-se que 50% dos idosos depressivos não são diagnosticados pelos profissionais de saúde que exercem

atividade na atenção primária, devido aos sintomas serem semelhantes aos do processo natural do envelhecimento. Alguns desses sintomas são queixas físicas como fadiga, sono, falta de apetite e indisposição que podem ser confundidos pelo desafio adaptativo do envelhecimento (Sousa *et al.*, 2017).

A atividade física pode ser considerada eficaz no tratamento de depressão, podendo propiciar benefícios agudos e crônicos. São eles: melhora no condicionamento físico, diminuição da perda de massa óssea e muscular, aumento da força, coordenação e equilíbrio, redução da incapacidade funcional, da intensidade dos pensamentos negativos e das doenças físicas e promoção do bem-estar e do humor (Moraes *et al.*, 2017).

Os transtornos mentais, psiquiátricos ou psicológicos, classificam como doença as disfunções ou alterações no funcionamento da mente, incluindo alterações nos pensamentos, percepções, emoções e/ou comportamentos individuais e as relações com outras pessoas, podendo ser desencadeados de diversas maneiras, como por fatores biológicos, sociais, psicológicos, genéticos, químicos ou físicos, conforme Organização Pan-Americana de Saúde. Entre os transtornos mentais, os mais prevalentes são a depressão, a demência, o transtorno afetivo bipolar, a esquizofrenia, deficiência intelectual e transtorno de desenvolvimento, como autismo (Charansonney; Després, 2016).

Andrade e Lira (2016) afirmam que o exercício físico é alternativa de atividade não farmacológica por buscar a melhora do condicionamento físico dentro de quadro clínico, de combater o sedentarismo, atuar na melhora da qualidade do sono e sensação de bem-estar, possibilitando ainda, o aumento da atenção, compreensão da leitura e melhoria de memória e raciocínio.

Charansonney e Després (2016, p. 468) relatam:

A não realização de exercícios físicos e o comportamento sedentário além de estar associada as doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes, hipertensão, pode proporcionar também o disparo de respostas estressoras ao organismo alterando o comportamento e apresentando sintomas físicos e psicológicos.

Por fim a ludicidade é enfatizada por Bloch *et al.* (2017), ao citar a importância dessa nos espaços abertos não especializados, ou seja que não sejam somente voltados para o esporte ou exercícios ao ar livre, mas que também sejam espaços contemplativos onde simplesmente o usuário possa sentar e contemplar sem preocupação. Os espaços precisam ser mais brincantes, agregando todas as faixas etárias. É importante destacar a importância da valorização da cultura e história regional, ouvir a opinião, os anseios e as prioridades da população que usufruirá do projeto é essencial.

Cardoso (2011) relata que, devido à rotina contemporânea e acelerada na qual vivemos, principalmente devido aos empregos não tão flexíveis, a maioria das crianças é cuidada pelos avós.

Como informação adicional, na cidade de Apiaí, a idade mediana é de 35 anos para a população residente (Brasil, 2023).

A interrupção no transporte urbano em Apiaí já dura aproximadamente dois anos, aconteceu em meados de 2022, (Câmara Municipal de Apiaí, 2022). E a dificuldade da população acerca dessa falta de direito ao acesso é dura e triste realidade na cidade.

A distância entre os bairros e recursos de lazer existentes na área central da cidade fica evidente, em nosso estudo. Poderia ser facilitado pelo direito ao transporte público que está fundamentado no artigo 6º da Constituição Federal: “São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o transporte, o lazer, a segurança, a previdência, a proteção à maternidade e a infância, a assistência aos desamparados, na forma desta” (Brasil, 1988).

A segurança e mobilidade dos usuários também são de extrema importância, como consta no levantamento de dados de áreas selecionadas pela pesquisadora na área periférica da cidade.

Outro aspecto a ser observado refere-se à permeabilidade das áreas, que, segundo Matias e Caporusso (2008), é relatada como essencial.

A cidade de Apiaí, de acordo com a pesquisa realizada pelo IBGE (Brasil, 2023), apresenta salário médio mensal da população do município de 1,9 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 18,68%. Na comparação com os outros municípios do estado de São Paulo, Apiaí ocupava as posições 525 de 645 e 375 de 645, respectivamente. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 2715 de 5570 e 1750 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, Apiaí tinha 41,8% da população nessas condições, o que colocava na posição 2496 de 5570 dentre as cidades do Brasil.

Com base em dados do censo do IBGE (Brasil, 2023), sobre a cidade temos:

- Área Territorial de Apiaí corresponde a 974,322 Km².
- População Estimada (2021) = 24.081 pessoas.
- Densidade Demográfica (2010) = 25,85 hab/Km².
- IDHM (2010) – Índice de desenvolvimento humano municipal = 0,710.
- Mortalidade Infantil (2020) = 2,75 óbitos por mil nascidos vivos.
- Receitas Realizadas = 71.090,29 x 1000.
- Despesas empenhadas 65.066.00.
- PIB per capita = 29.6.
- Trabalho e rendimento salário médio mensal dos trabalhadores formais (2020) = 2,0 salários mínimos.
- Pessoal ocupado (2020) = 4.758 pessoas.
- População ocupada (2020) = 19,6%.
- Percentual da população com rendimento nominal per capita de até ½ salário mínimo (2010) = 41,8%.

Sobre a cidade de Apiaí, seu surgimento ocorreu da seguinte maneira: Francisco Xavier da Rocha, obrigado a fugir de Minas Gerais, onde havia sido capitão-mor de um de seus arraiais, por crime ali praticado, veio parar nesta região de São Paulo com 150 escravos, fundando então um pequeno povoado, por saber da existência de ouro nas nascentes do rio Apiaí (Brasil, 2023b).

METODOLOGIA

A metodologia e as técnicas utilizadas para obter os dados apresentados neste artigo foram pesquisa bibliográfica sobre o tema e visitas in loco nas áreas potenciais do município de Apiaí, tendo sido observadas características como: fácil acesso por vias públicas e para os pedestres, vagas para estacionamento, iluminação e espaço amplo para possíveis aparelhos de ginástica.

As características e recursos disponíveis em algumas áreas públicas atualmente existentes foram identificadas por meio de checklist, especialmente elaborado para este levantamento de dados.

As áreas com potencial para receber infraestrutura, objeto do levantamento de dados efetuado, estão localizadas em pontos periféricos da cidade, sendo: aquela do Bairro Palmital – acesso pela Estrada Apiaí-Iporanga, e uma no Bairro Pinheiros – acesso pela Avenida Presidente Humberto de Alencar Castelo Branco e a área de lazer na Avenida Leony Silva, no centro da cidade de Apiaí. Importante ressaltar que as praças distantes da área central do município apresentam características que se tornaram um dos principais motivos pelo qual as escolhemos para o levantamento, por existirem espaços destinados para estacionamentos, contam com espaço para possíveis vestiários, equipamentos de ginástica ao ar livre, projeto de paisagismo, além de proximidade da população em geral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente as áreas públicas de Apiaí que aqui foram apontadas possuem espaço suficiente para receber equipamentos voltados ao lazer e atividades físicas. Na cidade existem opções de recreação, porém estas acontecem com frequência na área central do município ou próximo a ela.

Apiaí investe em lazer, porém seu investimento parece reduzido.

O incentivo ao lazer e à prática de atividade física pode aliar oportunidades aos avós, que acompanham seus netos nos brinquedos do playground, e que assim, poderão praticar sua atividade física, pois os equipamentos se encontrarão no mesmo local e com ampla visão para as crianças.

Foi possível observar através de visitas in loco na cidade, que Apiaí dispõe de alguns espaços públicos com equipamentos de ginástica ao ar livre, porém esses espaços estão localizados nas áreas centrais ou em suas proximidades.

Na área central da cidade, localizada na Avenida Leony Silva, existe área de lazer que conta com uma academia ao ar livre, com vários equipamentos de ginástica, playground com brinquedos de madeira, pista de skate, duas quadras, quiosque, vestiários, bebedouros, salas administrativas, que no momento estão sendo utilizadas como polo de uma universidade, pista de caminhada com acessibilidade, salão aberto de eventos que foi recém inaugurado e logo a poucos metros está localizada a quadra coberta, outro recurso disponível no município, que é bem conhecida para a prática de futsal regional, contendo vestiários, salas e academia.

No Bairro Pinheiros, fora da área central da cidade, há a Praça Humberto de Alencar Castelo Branco, que dista em torno de 1,5 km da área de lazer da Avenida Leony Silva, no centro da cidade. Este deslocamento entre a praça até a área de lazer se torna de dificuldade para pessoas idosas, pessoas com baixa mobilidade ou até mesmo com crianças de colo, devido à distância, o que acaba tornando quase impossível de ser feito sem algum tipo de veículo ou automóvel. Essa dificuldade aumenta quando o clima é chuvoso ou até mesmo sob baixas temperaturas, pois a cidade de Apiaí é uma região de baixas temperaturas em várias épocas do ano.

A Praça Humberto de Alencar Castelo Branco tem área aproximada de 3660 m² (122 m x 30 m) e acesso pelas ruas Piauí e Avenida Humberto de Alencar Castelo Branco. A pavimentação da rua Piauí é de lajotas de concreto, sendo essa pavimentação contínua por aproximadamente 8 metros, até a Avenida Presidente Humberto de Alencar Castelo Branco, que conta com pavimentação asfáltica.

Outra praça é a localizada no Bairro Palmital, Estrada Apiaí – Iporanga, que está em torno de 4,5 km da área de lazer da Avenida Leony Silva, no centro da cidade. O percurso entre os dois pontos é pavimentação em asfalto (Estrada Apaí-Iporanga), mas a iluminação pública, ao chegar ao Bairro Palmital é precária pois há trechos do percurso sem iluminação. A praça tem área estimada de 477 m², com acesso pelas ruas Itóca e Estrada Apiaí-Iporanga, SP165. A Rua Itaoca conta com pavimentação em lajotas de concreto, no entanto, a pavimentação não é contínua.

A Estrada Apiaí-Iporanga se prolonga até o Bairro Campininha, sendo pavimentada com asfalto neste trecho.

Como referência na cidade, a área de lazer no centro do município na Avenida Leoni Silva apresenta quadra poliesportiva, pista de skate, aparelhos de ginástica ao ar livre, quiosque para reuniões e nas proximidades da área há o Ginásio Municipal de Esportes Antônio Dimpino Pontes,

Para as áreas observadas e para as quais foi aplicado checklist, seguem os dados obtidos:

Quadro 1 - Quadro Resumo da avaliação de áreas públicas em Apiaí (SP).

Local	Área de lazer Avenida Leony Silva		Praça no Bairro Pinheiros		Praça no Bairro Palmital	
	não	sim	não	sim	não	sim
Recurso observado						
Accesibilidade : Presença de Piso Tátil NBR 9050	x		x		x	
Accesibilidade : NBR 9050 Rampa de Acesso para cadeirantes	x		x		x	
Vestiário Ambos os sexos		x	x		x	
Bebedouros:		x	x		x	
Aparelhos de Ginástica:		x	x		x	
Playground:		x	x		x	
Pista de Caminhada:		x	x		x	
Pista de Skate:		x	x		x	
Quadra de Esportes (Futsal e Volei)		x	x		x	
Quadra de Esportes (Basquete)		x	x		x	
Salão coberto para eventos:		x	x		x	
Quiosque com banquinhos para encontros:		x		x	x	
Calçadas se encontram boa situação		x	x		x	
Postes de Iluminação		x		x		x
Telefone Público	x		x		x	
Portão de acesso		x		x	x	
Calçadas se encontram boa situação/ estado de conservação		x	x			
Muros com telas de proteção		x		x	x	
Paisagismo com árvores, plantas e gramas:		x		x		x
Bancos de concreto:	x		x			x
Ponto de ônibus:	x		x			x
Meio fio se encontram em bom estado:		x	x		x	
Observações	A		B; C		D; E; F; G	
data de aplicação do checklist	20/11/2023		20/11/2023		20/11/2023	

- A - não há escadas no local, há rebaixamento da calçada para acesso
 B - bancos e telhado do quiosque precisam de manutenção
 C - calçadas precisam de manutenção
 D - calçadas precisam ser refeitas, pois existem muitas partes em que o concreto já desapareceu em meio ao terreno
 E - pouca vegetação rasteria, sem árvores
 F - bancos precisam de reparo/ manutenção
 G - ponto de ônibus precisa de manutenção

Fonte: autoria própria.

Diante do levantamento de dados resultante do checklist aplicado em três áreas públicas da cidade de Apiaí, verifica-se as condições dos diferentes espaços e estes dados subsidiam recomendações de melhorias para estes e outras possíveis áreas disponíveis na cidade com a indicações de possíveis recursos para a prática de atividades físicas e de lazer, sendo eles:

- A instalação de equipamentos de ginástica ao ar livre; recomenda-se a implantação destes em áreas públicas que distem entre si em torno de 1000 m, propiciando menores deslocamentos a pé para os usuários dos espaços;
- Para os locais para que recebam os recursos:

a) que apresentem área mínima de 500 m², para aproveitamento da área para jardins e circulação de pessoas; equipamentos de atividade física e brinquedo para as crianças, faixa de pedestres, quando necessário, iluminação pública, reunindo

tanto recursos voltados à prática de atividade física, como recurso para observação, contemplação do local e entorno;

b) para locais com área entre 500 e 3000 m², recomenda-se, além equipamentos de atividade física e brinquedo para as crianças, faixa de pedestres, quando necessário, iluminação pública, a implantação de bancos, quiosques, bicicletário e vagas para veículos;

c) para locais com área superior de 3000 m², além dos recursos mencionados para os espaços com área igual ou inferior a 3000 m², recomenda-se a implantação bebedouros, sanitários, demarcação de vagas para carros e motos;

d) para playground e outros brinquedos voltados às crianças, que sejam de madeira reflorestada, valorizando a sustentabilidade; quando houver playground sua área será cercada, dificultando que as crianças desloquem-se andando ou correndo até a via onde passam veículos observando que por se tratarem de avenidas ou rodovias, o tráfego de motos, veículos de passeio e até mesmo caminhões é um pouco mais intenso dependendo do dia da semana;

e) melhoria ou a implantação de projetos paisagísticos – plantação de espécies vegetais, que tragam mais sensações de bem-estar aos usuários enquanto permanecerem nos espaços; a questão da praticidade de manutenção é imprescindível, pois dependendo da espécie que será utilizada para o plantio principalmente da grama que servirá de forração, essa manutenção pode ter curta; No ajardinamento de áreas, incremento, quando possível, de árvores que poderão propiciar áreas de sombras e adoção de arbustos/ espécies vegetais da região;

f) a questão da mobilidade e acessibilidade para os usuário é de extrema importância, pois o acesso para se adentrar a praça é recomendado que se utilizem piso tátil e guias rebaixadas para o acesso de pessoas em cadeiras de rodas ou pessoas com baixa mobilidade, por exemplo. Estas soluções podem propiciar maior facilidade de acesso, eventuais encontros e comemorações ou simplesmente propiciando a contemplação, garantindo que as pessoas encontrem a melhor forma de utilização do espaço. Para o calçamento que é de grande importância recomenda-se a adoção dos pisos intertravados de concreto pois, além de baixa manutenção, são ideais para a questão da permeabilidade do solo;

g) melhoria na sinalização em geral, faixa de pedestres e melhores demarcações de vagas para estacionamento.

A implantação de recursos nos espaços públicos da cidade atenderá a população em suas diferentes faixas etárias: crianças, que estarão acompanhadas por seus responsáveis, adultos, que poderão usufruir dos equipamentos para atividade física e infraestrutura disponíveis nos locais.

A implantação de aparelhos de ginástica ao ar livre em áreas públicas do município pode ser uma ótima opção tanto para as pessoas de baixa renda pela questão de valores financeiros envolvidos e para pessoas com mobilidade reduzida, porque esses equipamentos estarão distribuídos do município, havendo maior proximidade da população.

Os espaços públicos precisam de manutenção regular, pois a população depende desses espaços para o lazer e até mesmo para a realização de atividades físicas, e as pessoas precisam ter espaços livres, seguros, limpos e protegidos de qualquer perigo, para que elas possam se desenvolver e viver em sociedade.

Os diferentes recursos contemplados em projeto para as diferentes localidades apresentam o potencial de atrair a população que poderá realizar exercícios físicos ou usufruir de momentos de lazer, contemplação, interação com outras pessoas beneficiando-se dessas práticas, além do fato de que a proposta é obter vários locais estruturados para a população, confirmando nossa hipótese.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Apiaí possui potenciais que podem gerar valor econômico para a cidade, dentre eles o que mais se destaca é o grande potencial para o turismo ecológico. Levando esse fator em consideração, a opção de transformar áreas públicas em espaços para lazer e atividade física contribuirá positivamente podendo até mesmo ser utilizado como modelo de espaços públicos, que poderão impactar de forma positiva na qualidade de vida dos moradores e visitantes, pois a prática de exercícios físicos aliada ao lazer trazem inúmeros benefícios para a saúde física e mental, diminuindo a desocupação de adolescentes e de adultos e com a possibilidade de prevenir a depressão, ou atuar em seu tratamento, principalmente para a população idosa.

A implantação desses espaços também beneficiará as crianças, que poderão usufruir e brincar com espaços de playground e devidamente protegidos com as soluções projetuais, além de ser mais uma possibilidade para os adultos responsáveis pelas crianças poderem usufruir de atividades existentes nestes espaços.

A manutenção dos espaços com os recursos implementados deverá ser observada de modo que possam ser utilizados pela população, evidenciando os recursos disponíveis e em condições de uso pela população.

Esta pesquisa poderá subsidiar novos estudos a serem realizados na cidade de Apiaí definindo as áreas a sofrerem intervenção para implantação dos recursos para atividade física e lazer, bem como a prioridade de implantação, podendo ser avaliado: melhores locais para implantação dos recursos como bairros mais adensados; trajetos mais adotados pela população moradora do município e visitante; consulta aos moradores para identificar necessidades e posterior avaliação dos recursos implementados – uso, população que utiliza, período de uso ao longo do dia e da semana.

REFERÊNCIAS

APIAÍ (Município). Constituição (2021). **Emenda Impositiva nº 09, de 25 de novembro de 2021**. Estima a receita e fixa a Despesa do Município de Apiaí para o exercício de 2022. Câmara Municipal de Apiaí. Emenda ao projeto de lei municipal n. 244, de 2021. Disponível em: <https://www.cmapiai.sp.gov.br/uploads/legislacao/EMENDA-IMPOSITIVA-E-PLANO-DE-TRABALHO-No-09.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2023.

APIAÍ (Município). Constituição (2022). **Projeto de Lei nº 284, de 31 de março de 2022.**

Disciplina A Organização Do Transporte Coletivo E Autoriza O Poder Executivo A Promover A Concessão Do Serviço Público De Transporte Coletivo De Passageiros No Município De Apiai E Dá Outras Providências. Apiai, SP, Projeto de lei vetado na íntegra em 25/08/2022. Disponível em: <https://cmapiai.sp.gov.br/projeto/detalhe/231/p-styletext-alignjustify-disciplina-a-organizacao-do-transporte-coletivo-e-autoriza-o-poder-executivo-nbspa-nbspa-promover-nbspa-concessao-nbspdo-servico-nbsppublico-nbspde-transporte-coletivo-de-passageiros-no-municipio-de-apiai-e-danbspbroutras-providenciasbrnbspp/>. Acesso em: 01 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO Mundial De Recreação E Lazer (New York). **Carta internacional de educação para o lazer.** 1993. Elaborada e aprovada no “Seminário Internacional da WLRA de Educação para o Lazer” Jerusalém - Israel 2 a 4 de agosto de 1993 e ratificada pelo Conselho da WLRA Jaipur - Índia 3 de dezembro de 1993. Disponível em: http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_frame.asp?cod_noticia=195. Acesso em: 17 jun. 2023.

ASSUNÇÃO, Jadson Ian Costa; ASSUNÇÃO, Jeane Rodella. A importância do exercício físico no tratamento dos transtornos mentais. **Práticas e Cuidado:** Revista de Saúde Coletiva, [S. l.], v. 1, p. e9992, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/saudecoletiva/article/view/9992>. Acesso em: 5 mai. 2024.

BLOCH, L.L. **A Arquitetura do Lazer : desenhar os espaços para a fruição do tempo e para a convivência social,** Revista Brasileira de Estudos do Lazer, Belo Horizonte, v.4, n.1 p. 43-5, jan/abril 2017.

BRAMANTE, Antonio. C. **“Estamos Vivendo uma Civilização do Lazer?”** Revista Brasileira de Ciência e Movimento. Vol. 4, N° 4, p. 91-94, Out, 1990.

BRAMANTE, Antonio. C. **“Lazer: Concepções e significados”** Belo Horizonte, v.1, n.1, p. 9-17, 1998.

BRASIL. Constituição (1988). Lei nº CF, de 5 de outubro de 1988. **Constituição Da República Federativa Do Brasil De 1988.** Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 1. ed. Brasília, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 12 ago. 2023.

BRASIL. **Estatuto da Cidade,** lei n. 10.257 de 10 de julho de 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 30 set. 2023.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.** Ministério do Planejamento e Orçamento. Brasil / São Paulo / Apiai: panorama. Panorama. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/apiai/panorama>. Acesso em: 30 set.2023.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.** Ministério do Planejamento e Orçamento. Brasil / São Paulo / Apiai: panorama. História & fotos. 2023b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/apiai/panorama>. Acesso em: 17 jun. 2023.

CARDOSO, Andreia R. **Avós no Século XXI: Mutações e Rearranjos na Família Contemporânea.** Curitiba: Ed. Juruá, 2011.

CHARANSONNEY, Olivier L.; DESPRÉS, Jean-Pierre. **Disease prevention—should we target obesity or sedentary lifestyle?** Nature Reviews Cardiology, [S.L.], v. 7, n. 8, p. 468-472, 25 maio 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nrcardio.2010.68>.

CUNHA, A. C, Os conteúdos físico-esportivos no lazer em academias: atividade ou passividade. In **MARCELLINO, Lúdico, Educação e Educação Física.** Ijuí, Unijuí, 1999, p. 149-159, p.154.

Dicionário Priberiam da Língua Portuguesa 2008-2021 (Brasil). Disponível em : <https://dicionario.priberam.org/sobre.aspx> . Acesso em : 08 dez. 2023.

HALL, Edward T. **A Dimensão Oculta (USA 1966)**, publicado no Brasil em 1986, p. 129, n. 3, p. 138, n. 1.2.

MATIAS, L. F., CARVALHO, J., MARGUTI, B., & FARIAS, F. **Mapeamento do uso da terra na cidade de Paulínia (SP): desenvolvimento de aspectos metodológicos para detalhamento intra-urbano**. In Anais do XV ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, São Paulo, p. 1-2, 2008.

MELO, F. T.; MELO, T. T. **Estratégias de ensino utilizadas na educação física escolar para prevenção da obesidade em adolescentes escolares**. Revistas Ciências e idéias, v. 7, n. 3, p. 298 – 323, 2017.

MORAES, Helena; DESLANDES, Andréa; FERREIRA, Camila; POMPEU, Fernando A. M. S.; RIBEIRO, Pedro; LAKS, Jerson. **O exercício físico no tratamento da depressão em idosos: revisão sistemática**. Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 70-79, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81082007000100014>.

RAMOS, F. P.; SILVA, S. C. da; FREITAS, D. F. de; GANGUSSU, L. M. B.; BICALHO, A. H.; SOUSA, B. V. de O.; RAMETTA, Z. M. de J.; RAMETTA, F. de J.; RAMETTA, L. P. M.; NASCIMENTO, C. I. C.; SANTOS, S. H. S.; GUIMARÃES, T. A. **Fatores associados à depressão em idoso**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, (19), e239. <https://doi.org/10.25248/reas.e239.2019>

SÃO PAULO. Câmara Municipal de Apiaí. **Projeto de Lei**. Disponível em: <https://cmapiai.sp.gov.br/projeto/detalhe/231/p-styletext-alignjustify-disciplina-a-organizacao-do-transporte-coletivo-e-autoriza-o-poder-executivo-nbspa-nbsp-promover-nbspa-concessao-nbspdo-servico-nbsp-publico-nbspde-transporte-coletivo-de-passageiros-no-municipio-de-apiai-e-danbspbroutras-providenciasbrnbspp/>. Acesso em: 1 nov. 2023.

SCOPEL, Vanessa Guerini. **Planejamento urbano**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

SOUSA K. A, *et al.* **Prevalência de sintomas de depressão em idosos assistidos pela estratégia de saúde da família**. REME rev. min. enferm, 2017; 21(2):.82-93

Trabalho em Altura na Construção Civil e Medidas Preventivas de Segurança do Trabalho

Working at Height in Civil Construction and Preventive Safety Measures

Ketelyn Quintino Viana
Carlos Francisco Minari Junior
Fabiana Florian

RESUMO

O setor da Construção Civil é uma atividade que tem como base a mão de obra direta de seus colaboradores. No Brasil, é o setor industrial responsável por elevados índices nos números de acidentes de trabalho em altura. Os riscos podem acarretar comprometimento da saúde mental e da integridade física do trabalhador. Portanto, há a necessidade da difusão do uso de equipamentos de proteção no âmbito da Segurança do Trabalho. O objetivo deste trabalho é de apresentar a importância da prevenção dos acidentes de trabalho em altura na construção civil, a partir do cumprimento das medidas de segurança, dos treinamentos, da conscientização das normas e da fiscalização adequada no local de trabalho a fim de garantir uma redução do número dos acidentes em altura. Foi realizada pesquisa bibliográfica descritiva, qualitativa destacando procedimentos seguros para realização de atividades em altura no setor da construção civil, a fim de prevenir acidentes e reduzir os riscos para os trabalhadores. Observou-se que há necessidade de maior fiscalização e de melhorias no local de trabalho, pois apesar de treinamentos, do incentivo para os usos diários dos equipamentos de proteção nos canteiros de obra, ainda há índices significativos de acidentes de trabalho.

Palavras-chave: construção civil; equipamentos de proteção; segurança do trabalho; trabalho em altura.



ABSTRACT

The Civil Construction sector relies heavily on the direct labor of its workers. In Brazil, it is the industrial sector responsible for high rates of work-related accidents involving heights. These risks can compromise the mental health and physical integrity of workers. Therefore, there is a need to promote the use of protective equipment within the scope of Occupational Safety. The objective of this paper is to highlight the importance of preventing work accidents at height in civil construction, through adherence to safety measures, training, awareness of regulations, and proper monitoring in the workplace to reduce the number of accidents at height. A descriptive, qualitative literature review was conducted, focusing on safe procedures for performing tasks at height in the civil construction sector, with the aim of preventing accidents and reducing risks for workers. It was observed that there is a need for greater supervision and improvements in the workplace, because despite training and encouragement for the daily use of protective equipment on construction sites, there are still significant rates of workplace accidents.

Keywords: civil construction; protective equipment; occupational safety; working at height.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil engloba tradicionais estruturas culturais, sociais e políticas que causam um alto índice de acidentes de trabalho, que frequentemente estão associadas a contratantes que são negligentes e oferecem condições de trabalho inseguras, como também há a parcela de culpa dos colaboradores que ao cometerem infrações e o não cumprir de regras, podem pôr em risco a sua segurança (Oliveira, 2013). Logo, o setor apresenta diversos riscos ocupacionais, sendo o trabalho em altura um dos mais perigosos.

Schramm Filho (2018) afirma que os fatores que contribuem para os acidentes na construção civil estão relacionados ao tempo de execução das obras, à falta de qualificação da mão de obra, o que resulta em alta rotatividade das equipes, ao contato próximo com os equipamentos, aumentando a exposição aos riscos, e, por fim, à realização de atividades sob condições climáticas adversas.

Com base nas estatísticas do Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (SmartLab) houve um aumento no número de acidentes e mortes entre 2020 e 2021. Em 2020, foram registrados 446.881 acidentes e 1.866 mortes no trabalho, enquanto em 2021 esses números saltaram para 612.920 acidentes e 2.538 mortes (Pianegonda, 2023).

Cardoso (2023) destaca que houve um aumento significativo nas notificações de acidentes de trabalho, com destaque para alguns setores econômicos. As atividades de assistência social e saúde lideram com 84.780 acidentes, seguidas pela reparação e comércio de veículos automotores com 77.491 acidentes. Em terceiro lugar, estão os serviços prestados à empresas dos diversos setores, registrando 41.291 acidentes. Já o setor da construção civil aparece na quinta posição, com 34.219 acidentes (Cardoso, 2023).

Com base nas normas do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) o trabalho em altura é considerado aquele realizado a pelo menos dois metros de distância de posições baixas onde haja risco de queda. A falta de precauções pode levar a acidentes graves e até

fatais, evidenciando a necessidade de adoção de práticas seguras no trabalho em altura (Alves, 2013).

É fundamental que o tema da segurança do trabalho seja discutido e implementado com rigor no setor onde, observa-se que a falta de conscientização e de treinamento dos trabalhadores quanto às medidas preventivas de segurança para trabalhos em altura, tem a falta de fiscalização e cobrança efetiva por parte dos órgãos competentes (Profile Engenharia, 2020).

A hipótese é de que a utilização de práticas seguras aliadas à conscientização do trabalhador pode reduzir o número de acidentes no trabalho em altura. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 96% dos acidentes de trabalho podem ser evitados (Moreira, 2021).

Segundo Nery (2022), é fundamental investir em recursos para a capacitação e conscientização dos trabalhadores, além de garantir uma fiscalização eficaz por parte das autoridades responsáveis. Esse conjunto de ações é essencial para assegurar a eficácia das medidas preventivas e a manutenção da segurança dos trabalhadores. Ademais, há a necessidade de aprimorar as medidas de segurança e prevenção em atividades de trabalho em altura na construção civil, com o objetivo de garantir a integridade física dos trabalhadores, reduzir o número de acidentes e minimizar os custos associados.

Este trabalho tem como objetivo destacar a importância da prevenção de acidentes de trabalho em altura na construção civil, enfatizando o cumprimento das medidas de segurança, a realização de treinamentos adequados, a conscientização sobre as normas vigentes e a fiscalização rigorosa no ambiente de trabalho. A adoção dessas práticas visa assegurar a redução significativa do número de acidentes em altura, promovendo um ambiente mais seguro para os trabalhadores.

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), equipamentos de proteção coletiva (EPC's), cursos e treinamentos, legislações específicas, gestão da segurança e comunicação são fundamentais para a prevenção de acidentes, desta forma, contribuindo para a conscientização e prevenção de acidentes, garantindo da integridade física e a segurança no cumprimento das regras pelas empresas voltadas à segurança do trabalho em altura na construção civil.

Foi realizada pesquisa bibliográfica descritiva, qualitativa destacando procedimentos seguros para realização de atividades em altura no setor da construção civil, a fim de prevenir acidentes e reduzir os riscos para os trabalhadores.

SEGURANÇA DO TRABALHO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: CONCEITOS E NORMAS

A melhor forma de prevenir acidentes em altura na área da construção civil é ter o total domínio das normas de segurança, dos materiais necessários, promover treinamentos para os trabalhadores entre outros, portanto a utilização dessas técnicas aliadas as boas práticas de conduta na obra, têm a capacidade de promover segurança e reduzir acidentes no trabalho (Lana *et al.*, 2014).

Conceito Segurança do Trabalho na Construção Civil

A segurança no trabalho visa eliminar os riscos de acidentes no ambiente laboral e minimizar a incidência de doenças ocupacionais decorrentes das atividades desempenhadas, com o objetivo de preservar a integridade física e manter a capacidade de trabalho dos colaboradores. Refere-se à promoção do bem-estar mental, físico e social dos colaboradores, considerando as condições exigidas pelo ambiente de trabalho. Quando essas condições são aplicadas de forma inadequada ou repetitiva, podem se tornar prejudiciais à saúde (Souza, 2017).

Segundo Saliba (2009), a segurança do trabalho é a ciência que busca prevenir acidentes decorrentes dos fatores de risco presentes no ambiente laboral. Esses locais, devido às atividades desempenhadas, podem gerar diversas situações de risco que podem levar a acidentes. Através dessa ciência, é possível avaliar e mitigar esses riscos de maneira eficaz, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro.

Os contratantes têm a obrigação legal na adoção de medidas de prevenção a acidentes, e no controle das chamadas doenças ocupacionais, sendo assim, exigida uma prática dos direitos e deveres tanto dos empregados quanto de quem emprega, através do cumprimento das leis e normas que visam garantir amparo judicial aos relacionados, garantindo um local de trabalho que seja acolhedor e promova o mínimo possível de riscos advindos de acidentes (Souza, 2017).

Para que a implementação dessas técnicas seja eficaz, é fundamental que toda a equipe no local de trabalho esteja plenamente ciente dos riscos envolvidos e devidamente capacitada quanto às medidas de prevenção. Isso contribui para a redução de problemas para os funcionários e de custos para a empresa, considerando que acidentes de trabalho representam um grande gargalo financeiro. Além disso, os custos elevados também afetam a sociedade, uma vez que o trabalhador é impactado diretamente (Camargo *et al.*, 2018).

Apesar da relevância das Normas Regulamentadoras para a segurança do trabalho na construção civil (NBR 6.18.35), alguns riscos persistem. Schramm Filho (2018) destaca os seguintes: risco de queda; queda de objetos; choque elétrico; acidentes com ferramentas manuais ou elétricas; e risco de afogamento ao trabalhar em áreas próximas a corpos d'água.

Para a redução desses riscos as medidas preventivas de segurança para trabalhos em altura na construção civil são inúmeras e devem ser utilizadas de forma integrada para minimizar ou eliminar os riscos operacionais e dentre eles Peinado (2019) destaca:

- Uso de equipamentos de proteção individual como cinto de segurança, capacete, luvas e botas especiais;
- Utilização de escadas, andaimes, plataformas e outras ferramentas de trabalho de acordo com a regulamentação;
- Instalação de anéis salva-vidas e sistemas de ancoragem em estruturas temporárias, plataformas de trabalho ou edifícios;
- Uso de equipamentos de proteção geral, como redes de segurança;
- Treinamentos regulares e atualização de funcionários relacionados ao trabalho avançado;

- Inspeção periódica de ferramentas de trabalho e sistemas de proteção contra quedas para detectar e reparar defeitos.

Algumas das medidas mais importantes para garantir a segurança dos trabalhadores que trabalham em altura incluem: instalação de sistemas de proteção coletiva como redes de proteção, grades e plataformas de trabalho, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), como capacete, cinto de segurança e calçado de segurança, realização de treinamentos em segurança do trabalho, e o aperfeiçoamento de planos de ação e análise de riscos (Schramm Filho, 2018).

O mesmo autor ressalta que a prevenção desses acidentes é um desafio constante, pois quase tudo é temporário e os processos produtivos evoluem dia a dia, criando cenários e situações completamente diferentes do dia anterior. Por exemplo, é bem diferente de uma fábrica, onde há rotinas de processos e movimentos que se repetem religiosamente ao longo do tempo.

É importante que os trabalhadores responsáveis por atividades em altura sejam devidamente treinados e autorizados para esse tipo de trabalho. Isso inclui capacitação específica na NR35, que abrange tanto o conhecimento das diretrizes da norma quanto a correta execução das atividades de acordo com essas exigências (Oliveira, 2013). A preparação adequada não só garante a segurança dos trabalhadores, mas também contribui para a eficiência operacional, um aspecto que ressoa em várias áreas, onde a capacitação é igualmente crucial para reduzir riscos e otimizar resultados.

Na norma regulamentadora NR35, o trabalho em altura é descrito como toda a atividade executada acima de 2 metros do nível inferior, onde haja risco de queda, representando, portanto, grande perigo para os trabalhadores pois os acidentes desse tipo podem ser fatais sendo necessário o cumprimento das preventivas de segurança (Brasil, Ministério da Previdência Social, 2022).

A atividade trabalhista que requer a prestação de serviços em diferentes níveis de altura, pleiteando cuidados especiais e devida atenção para os possíveis riscos de queda que representam para o colaborador, no Brasil é a principal causa de morte na área (Souza, 2017).

Segundo a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro, 2018), na indústria da construção as atividades realizadas em altura estão relacionadas a trabalhar sobre locais periféricos de lajes; nos compartimentos de acesso para caixas de elevadores; na instalação e desmontagem de torres de elevadores de obras; nos serviços em varandas ou rampas; inspeção e manutenção de chaminés; construção e instalação de coberturas ou telhados; trabalho em escadas, rampas, em andaimes penduradas; na montagem de elementos estruturais (pré-fabricados, metálicos); e na manutenção de fachadas de construções.

Segundo Schramm Filho (2018), quedas no ambiente de trabalho podem ocorrer por diversas causas, relacionadas tanto às condições do local quanto ao comportamento dos trabalhadores. Fatores como a falta de atenção ou concentração durante a execução de atividades específicas, o uso inadequado ou a ausência de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) e as condições do ambiente, como iluminação insuficiente, superfícies

irregulares ou orifícios, são exemplos comuns. Quando identificado um risco potencial de queda, é imprescindível avaliar imediatamente a possibilidade de acidentes fatais e aplicar medidas preventivas, uma vez que as consequências desses acidentes são frequentemente graves ou fatais, resultando em sequelas permanentes.

As normas relacionadas à segurança no setor da construção civil são essenciais para garantir a integridade física dos trabalhadores e a prevenção de acidentes. No Brasil, as principais normas são as Normas Regulamentadoras (NRs) emitidas pelo Ministério do Trabalho. Algumas das mais relevantes incluem:

- NR 6: Regula o Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), obrigando o fornecimento adequado de EPIs para garantir a segurança dos trabalhadores em ambientes de risco.
- NR 10: Foca na Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, visando à prevenção de acidentes elétricos, comuns em canteiros de obras que utilizam diversas ferramentas elétricas.
- NR 12: Trata da Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, estabelecendo medidas de prevenção em relação ao uso de máquinas e equipamentos presentes no ambiente de trabalho, inclusive em canteiros de obras.
- NR 18: Trata das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, estabelecendo diretrizes administrativas, de planejamento e de organização para a implementação de medidas de controle de segurança, especialmente em obras de construção, demolição e reforma.
- NR 24: Regula as Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho, determinando critérios para instalações sanitárias, refeitórios e áreas de descanso, que são indispensáveis no setor da construção, onde as condições de trabalho muitas vezes são temporárias e precisam seguir normas de saúde e bem-estar.
- NR 33: Estabelece normas para Trabalho em Espaços Confinados, aplicável em algumas atividades da construção civil, como em fundações e estruturas subterrâneas, onde a segurança deve ser priorizada devido à limitação de ventilação e riscos de asfixia ou intoxicação.
- NR 35: Define os Requisitos para Trabalho em Altura, determinando medidas de proteção e procedimentos obrigatórios para prevenir acidentes em atividades executadas a uma altura superior a 2 metros. Sendo essa NR o foco deste estudo, que trata especificamente da segurança em atividades realizadas em altura. Estabelece as condições e diretrizes necessárias para a execução segura de trabalhos em altura, por meio do planejamento, desenvolvimento, organização e execução dessas atividades, visando garantir a segurança e a saúde dos envolvidos.

A norma impõe ao responsável pela obra o dever de implementar as medidas básicas de segurança e proteção para a realização dessas atividades. Além disso, determina que os trabalhadores devem ser capacitados e treinados para a execução de trabalhos em altura por meio de cursos específicos.

Para que o profissional esteja apto a realizar trabalhos em altura, é necessário que ele seja submetido e aprovado em um treinamento teórico e prático com carga horária mínima de oito horas. O conteúdo programático deve abranger, no mínimo, os seguintes temas: as normas e regulamentações aplicáveis aos trabalhos em altura; os equipamentos de proteção individual (EPI's) necessários, incluindo orientações sobre como inspecioná-los, conservá-los e utilizá-los corretamente; a descrição dos riscos e das condições que podem comprometer a execução segura das atividades; a demonstração de todos os sistemas de proteção coletiva, além dos individuais; os riscos inerentes à profissão; as medidas de prevenção; as condutas a serem adotadas em situações de emergência, incluindo técnicas de resgate e primeiros socorros; e, por fim, a apresentação dos acidentes mais típicos dessa área (Self Engenharia, 2023).

No Brasil, o perfil de acidentes em altura mais frequente é o de queda em altura, sendo esse tipo de acidente responsável por 40% do total dos índices de acidentes de trabalho (Fonoclin, 2023), entretanto há uma enorme variedade de situações que podem causar acidentes nos trabalhos realizados em altura, conforme descritas no quadro 1.

Quadro 1 - Situações que mais causam acidente em altura.

Situação	Descrição
Falta de capacitação	Ocorre a promoção dos treinamentos de acordo com a NR 35 para que sejam reduzidos esses riscos
Fadiga ou desatenção	A empresa contratante é a responsável pela manutenção do horário adequado aos colaboradores da equipe a fim de evitar longas jornadas de trabalho
Choques elétricos	Situação ocorre quando não há o correto isolamento da rede elétrica presente no local de trabalho
Quedas de objeto	Ocorre quando não há a garantia de que os instrumentos e materiais não foram guardados ou manuseados de forma correta
Condições climáticas adversas	Ocorre quando não há a correta avaliação climática do local de trabalho como também do mau uso dos equipamentos de proteção

Fonte: Nery, 2022.

Observa-se que as principais situações que levam a acidentes em altura, destacando a importância de medidas preventivas são: A falta de capacitação, mesmo com o respaldo da NR 35, ressaltando-se a necessidade de treinamentos adequados para mitigar riscos. A fadiga ou desatenção é abordada como uma responsabilidade da empresa em garantir jornadas de trabalho adequadas. Choques elétricos e quedas de objetos estão associados à falta de cuidados com a rede elétrica e o manuseio de materiais. Por fim, as condições climáticas adversas reforçam a importância de avaliações e uso correto dos EPI's.

Estudos Correlatos

Fung *et al.* (2010) abordaram os problemas de saúde e segurança ocupacional comuns na indústria da construção, como quedas de materiais ou pessoas de altura, pisar em objetos e ferimentos causados por ferramentas manuais. A segurança do projeto e a avaliação de riscos são fundamentais nesse setor, mas muitos profissionais tendem a basear suas decisões em experiência pessoal, o que resulta na falta de uma abordagem sistemática e de formas de verificar a confiabilidade dessas decisões. O estudo explorou 14 tipos comuns de atividades, acidentes e suas causas, propõe métodos adequados de avaliação de risco e ressalta a importância de adotar métodos estruturados de avaliação de

riscos, substituindo o julgamento pessoal e a experiência, para melhorar a segurança no setor da construção.

A avaliação desses riscos na área da construção civil se torna indispensável pois promove responsabilidade para todos os profissionais envolvidos, as consequências dos acidentes em altura podem ser fatais, e é por essa razão que é necessário que os gestores responsáveis apliquem todas as técnicas de avaliação dos riscos buscando as informações indispensáveis para preveni-los e definir quais são os equipamentos e técnicas de ensino ideais (Fung *et al.*, 2010).

Jomaa (2012) explorou as questões relacionadas à segurança do trabalho em altura, em sua pesquisa enfatiza o uso de EPI's e as medidas de proteção coletiva como essenciais para mitigar os riscos de quedas, sendo essas medidas obrigatórias de acordo com a NR35. Além de analisar o impacto dos treinamentos para trabalhadores, o estudo propôs melhorias para o ambiente de trabalho, como a criação de um *check-list* e uma cartilha para conscientizar os trabalhadores sobre os perigos do trabalho em altura. O autor sugere que a principal causa de acidentes é a falta de treinamento e o uso inadequado de EPIs. Ao implementar melhores práticas de gestão de segurança, é possível minimizar os riscos e evitar acidentes graves.

O estudo de De Paula (2018) focou na análise das práticas de segurança em altura nas obras de Salvador, investigando o cumprimento da NR35 em canteiros de obras e aponta que, apesar da norma exigir capacitação, muitos trabalhadores ainda não recebem o treinamento adequado. Outro ponto destacado é a falta de fiscalização rigorosa, o que resulta em um elevado número de acidentes. O estudo também identifica que, nas obras de grande porte, os riscos são maiores, devido à altura das construções e ao não uso de equipamentos apropriados, como sistemas de ancoragem e proteção coletiva. Concluiu que uma maior fiscalização e investimento em segurança podem reduzir significativamente o número de quedas e acidentes fatais.

O estudo de Lima (2013) é uma análise aprofundada sobre a aplicação da NR35, que regulamenta o trabalho em altura, com foco específico em andaimes suspensos, investiga como essa norma é aplicada na prática em obras de construção civil, com o objetivo de verificar o grau de conformidade aos requisitos estabelecidos. Para coleta de dados utilizou o método de entrevistas com trabalhadores que operam andaimes suspensos e com a equipe de segurança responsável pela obra. Também aplicou uma lista de verificação para medir o grau de conformidade das atividades de trabalho com os requisitos da NR35, dessa forma a metodologia incluiu tanto a perspectiva dos operadores quanto da gestão, o que proporcionou uma visão abrangente das práticas adotadas no canteiro de obras.

Lima (2013) revelou que a atividade de trabalho com andaimes suspensos na obra analisada alcançou 86% de conformidade com os requisitos da NR35. Esse nível de atendimento é considerado satisfatório, mas destaca que ainda há espaço para melhorias. As áreas que apresentaram maior necessidade de atenção foram relacionadas à manutenção contínua dos equipamentos, à supervisão mais rigorosa no uso de EPIs, e à realização de treinamentos periódicos para garantir que os trabalhadores estivessem sempre atualizados sobre as melhores práticas de segurança. O trabalho sugere que, para atingir 100% de conformidade, é necessário que as empresas de construção civil invistam

em uma cultura de segurança mais sólida, com fiscalização rigorosa e melhorias contínuas nos procedimentos de treinamento e uso de equipamentos.

Lana (2014) conduziu seu estudo em três obras de diferentes construtoras em Santa Maria, RS, tratando sobre os altos riscos presentes no setor da construção civil, com ênfase nos trabalhos realizados em altura, onde quedas representam a principal causa de acidentes fatais analisando três dessas técnicas para avaliar os riscos em cada obra, permitindo a comparação entre elas: Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise da Árvore de Falhas (AAF) e a Técnica de Incidentes Críticos (TIC), buscando determinar qual delas é mais eficiente na avaliação dos riscos associados ao trabalho em altura. Os resultados sugerem que a TIC oferece uma análise qualitativa mais profunda dos incidentes, ajudando a identificar os fatores críticos por trás dos acidentes. Já a APR mostrou-se útil por antecipar os efeitos potenciais de cada risco, enquanto a AAF contribuiu na detecção de falhas estruturais. A combinação dessas ferramentas pode potencializar a segurança dos trabalhadores, contribuindo para a redução de acidentes no setor da construção civil.

Oliveira, Silveira e Vicente (2024) realizaram estudo técnico baseado em entrevistas com trabalhadores que utilizam andaimes tubulares, além de uma análise documental das diretrizes da NR35, o estudo também incluiu inspeções de obras e locais onde esses andaimes estavam sendo utilizados, verificando o cumprimento das normas de segurança. Dessa forma, abordaram o trabalho em altura, com foco nos riscos e cuidados necessários para garantir a segurança dos trabalhadores que utilizam andaimes tubulares. Este tipo de andaime é amplamente usado em diversos setores, como construção civil, manutenção industrial, e serviços de limpeza e pintura, devido à sua versatilidade e possibilidade de alcançar locais elevados e de difícil acesso.

No entanto, apesar da importância dos andaimes tubulares para facilitar o acesso e a execução de atividades em altura, eles também apresentam riscos significativos, tais como: Quedas, sendo a principal causa de acidentes graves e fatais no trabalho em altura; Falhas estruturais resultantes de montagens inadequadas ou uso de materiais fora dos padrões de segurança; Contato com energia elétrica, sendo um risco adicional, especialmente em locais próximos a instalações elétricas. Os resultados apontaram que, apesar da regulamentação existente, ainda há lacunas no cumprimento integral da NR35, especialmente em canteiros de obras menores, onde a supervisão pode ser menos rigorosa. Os autores recomendam fiscalização mais intensiva e a implementação de programas de capacitação contínua, além de reforçar a importância do uso de equipamentos adequados e da supervisão constante das condições de trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão dos estudos sobre segurança no trabalho em altura na construção civil revela a complexidade e a gravidade dos riscos envolvidos, bem como a necessidade urgente de abordagens mais eficazes para mitigá-los. Os estudos analisados permitem a construção de três categorias: Problemas identificados; Necessidade de Normatização e Fiscalização; Avaliação de Riscos.

Problemas Identificados

Os estudos de Fung *et al.* (2010) e Jomaa (2012) destacam que os acidentes relacionados a quedas e o uso inadequado de EPI's são questões críticas na construção civil. A dependência da experiência pessoal na tomada de decisões sobre segurança, conforme apontado por Fung *et al.* (2010), resulta em abordagens inconsistentes e potencialmente perigosas. A falta de treinamento adequado, mencionada por Jomaa (2012), reforça a ideia de que muitas vezes os trabalhadores não estão preparados para lidar com as exigências de segurança, levando a uma maior vulnerabilidade em situações de risco.

Necessidade de Normatização e Fiscalização

De Paula (2018) e Lima (2013) ressaltam a importância da Norma Regulamentadora NR35, que estabelece diretrizes para o trabalho em altura. No entanto, a aplicação prática dessa norma frequentemente é insuficiente, como evidenciado pela falta de capacitação e supervisão rigorosa nos canteiros de obras. De Paula (2018) observa que a não conformidade é especialmente comum em obras de grande porte, onde os riscos são amplificados. Lima (2013) complementa isso ao mostrar que, embora haja um nível razoável de conformidade com a NR35, a manutenção e a fiscalização ainda são áreas críticas que precisam de atenção.

Avaliação de Riscos

O estudo de Lana (2014) sobre diferentes técnicas de avaliação de risco mostra que a combinação de abordagens pode oferecer uma análise mais abrangente e eficaz. A Análise Preliminar de Riscos (APR), a Análise da Árvore de Falhas (AAF) e a Técnica de Incidentes Críticos (TIC) são metodologias que, quando usadas em conjunto, podem melhorar a identificação de riscos e a prevenção de acidentes. Essa visão é suportada por Oliveira *et al.* (2024), que discutem a necessidade de uma fiscalização mais intensa e a implementação de programas de capacitação contínua para garantir a segurança no uso de andaimes tubulares.

Diante destes achados, é possível evidenciar que a maior parcela dos acidentes no trabalho que estão relacionados à altura são consequências de ações controversas as normas e são causados pelos próprios colaboradores, como resultado da falta de comprometimento da empresa contratante ao monitorar a equipe, que há a necessidade de um comprometimento mais profundo das empresas em investir em cultura de segurança e fiscalização rigorosa. A própria empresa, portanto, tem o papel fundamental na conscientização de seus trabalhadores evidenciando a importância do reconhecimento dos riscos possíveis encontrados no ambiente da construção civil em altura.

Logo, é possível considerar que a segurança no trabalho em altura na construção civil é um tema que exige uma abordagem integrada, que considere tanto as práticas de segurança normatizadas quanto a formação contínua dos trabalhadores. A adoção de normas rigorosas, capacitação contínua e fiscalização efetiva são fundamentais para minimizar os riscos e proteger a vida dos trabalhadores. A integração de diferentes métodos de avaliação de risco, conforme destacado por Lana (2014), também pode ser uma estratégia eficaz

para aumentar a segurança no setor. A abordagem proativa e a formação adequada dos trabalhadores são essenciais para enfrentar os desafios da segurança na construção civil, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo alcançou seu objetivo de destacar a importância da prevenção de acidentes de trabalho em altura na construção civil ao abordar:

- 1) ênfase no cumprimento das medidas de segurança por meio da aplicação de normas vigentes, como a NR35, que regulamenta o trabalho em altura. Ao identificar lacunas no cumprimento das normas, o estudo enfatizou a necessidade de que as empresas adotem essas medidas de segurança de maneira rigorosa para evitar acidentes.
- 2) ao destacar que muitos trabalhadores não recebem o treinamento adequado para o trabalho em altura, o que aumenta o risco de acidentes, demonstrando que um programa de capacitação contínua deve ser implementado para garantir que os trabalhadores estejam sempre informados sobre as melhores práticas de segurança; e,
- 3) ao demonstrar a importância da conscientização dos trabalhadores sobre as normas de segurança;
- 4) ressaltando a necessidade de uma fiscalização mais intensa nos canteiros de obras, especialmente em locais menores onde a supervisão pode ser menos rigorosa, como forma de garantir que as normas sejam seguidas e que os trabalhadores estejam utilizando os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) corretamente.

Há um grande desafio relacionado à consistência dos treinamentos, que muitas vezes não são contínuos nem suficientes para garantir que os trabalhadores estejam preparados para atuar em altura. A falta de uma cultura de segurança robusta dentro das empresas de construção civil é apontada como um fator que compromete a segurança.

Isto posto, esses aspectos são essenciais para a criação de um ambiente de trabalho seguro na construção civil, onde os riscos relacionados ao trabalho em altura possam ser efetivamente mitigados. Portanto, é crucial que a empresa contratante e os responsáveis pela equipe promovam um maior controle sobre o cumprimento das normas de segurança. Além disso, a implementação de capacitações periódicas é fundamental para manter os profissionais constantemente informados e conscientes sobre a segurança no trabalho em altura. Essa abordagem não apenas fortalece a cultura de segurança, mas também contribui para a redução significativa de acidentes e melhora a eficácia das práticas de trabalho na indústria da construção civil.

Como sugestão para futuros estudos, propomos investigar a integração de novas tecnologias, como *drones* e equipamentos de segurança avançados nos canteiros de obras. O uso de *drones* poderia proporcionar uma visão panorâmica dos canteiros de obras, possibilitando o monitoramento em tempo real de áreas de risco e o acesso visual

a locais de difícil alcance sem colocar trabalhadores em risco direto, além, de realizar inspeções de estrutura e auxiliar na verificação de EPIs, facilitando a detecção de situações perigosas antes que se tornem críticas. Equipamentos de segurança avançados como exoesqueletos poderiam auxiliar na mobilidade e na proteção contra esforço excessivo, capacetes inteligentes equipados com sensores de proximidade, e além de roupas e EPIs com sensores de pressão ou quedas, como cintos de segurança inteligentes que avisam quando detectam uma queda iminente. Esses dispositivos ajudam a reduzir lesões e acidentes graves e podem melhorar a resposta rápida em emergências.

Com o uso dessas tecnologias, a construção civil pode aprimorar as condições de segurança e reduzir incidentes, apontando para um caminho promissor de inovação em gestão de riscos.

REFERÊNCIAS

ALVES, T.C. **Manual de equipamento de proteção individual**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94767/1/Documentos111.pdf> Acesso em: 22 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. **Norma Regulamentadora nº 35 - Trabalho em Altura**. (Redação dada pela Portaria MTP 4.218 de 20 de dezembro de 2022). Disponível em: <https://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr35.htm> Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10)**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10> Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 18 (NR-18)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-18-nr-18> Acesso em: 24 out. 2023..

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 24 (NR-24)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-24-nr-24> Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 23 (NR-23)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-23-nr-23> Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 35 (NR-35)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-35-nr-35> Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 6 (NR-6)**. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-6-nr-6> Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf> Acesso em: 24 out. 2023.

CAMARGO, R. D.; BRAGA, E. S.; FERREIRA, A. F.; CARVALHO, J. T. Trabalho em altura X Acidentes de trabalho na Construção Civil. **Revista Teccen**, Vassouras, v. 11, n. 2, p. 9-15, 2018. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/teccen/article/view/1312> Acesso em:

CARDOSO, M. **Previdência social divulga as últimas estatísticas de acidentes de trabalho**. 2023. Disponível em: <https://protecao.com.br/destaque/divulgadas-as-estatisticas-de-acidentes-de-trabalho-para-o-ano-de-2021/>. Acesso em 22 out. 2023.

DE PAULA, L. B. **Análise das condições do trabalho em altura na construção civil: Um estudo de caso**. Orientador: Rodrigo Eduardo Catai. 2018. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17928/1/CT_CEEEST_XXXV_2018_22.pdf Acesso em: 16 out. 2024.

FONOCLIN. **40% dos acidentes de trabalho são por queda**. 2023. Disponível em: <https://www.fonoclin.saude.com.br/2023/05/40-dos-acidentes-de-trabalho-sao-por-queda/>. Acesso em: 22 out. 2023.

FUNDACENTRO. **Trabalho em altura**. 2018. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmninnkcbppccpplpccclcfndmkaj/http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/8PCI96KR2I8FXYHECVLDT5BII2L9DF.pdf Acesso em: 13 ago. 2023.

FUNG, I. W. H.; Tam, V. W. Y.; Lo, T. Y.; Lu, L. L. H. Developing a Risk Assessment Model for construction safety. **International Journal of Project Management**, London, v. 28, n. 6, p. 593-600, 2010. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786309001082> Access: 22 out. 2023.

JOMAA, Suzana Mohamad Hussein. **Estudo de aplicabilidade da NR-35 na construção civil com ênfase na proteção coletiva contra acidentes em altura**. Orientador: Heliton Lourenço. 2012. 84 páginas. Monografia de Especialização em Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20398/2/MD_ENSEG_%20IV_2011_31.pdf Acesso em: 16 out. 2024.

LANA, L. D.; QUADROS, J. N.; WEISE, A. D.; REIS, R. P.; ROSA, L. C.; BULIGON, S. M. Avaliação dos riscos do trabalho em altura na construção civil. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 344–363, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v14.i1.1634> Acesso em: 22 out. 2023.

LIMA, J. L. **Avaliação em trabalho com andaime suspenso da conformidade com a NR35 em obra de construção civil vertical**. Orientador: Cezar Augusto Romano. 2013. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/17957> Acesso em: 16 out. 2024.

MOREIRA, B. **Campanha Abril Verde reforça importância de ações para a saúde e segurança no trabalho**: Assembleia Legislativa tem servidores que atuam no bem-estar de funcionários e visitantes. 26 abr. 2021. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=421509#:~:text=AOrganizaCACAMundialdaSaCBAdede,coletivasnCA3foremsuficientesese> Acesso em: 31 out. 2024.

NERY, A. G. **Medidas preventivas de segurança no trabalho em altura na construção civil**. Orientador: Bruno Rodrigues dos Santos. 2022. 69 f. Trabalho de Conclusão (Bacharel em Engenharia Civil)- Faculdade FASIPE, Cuiabá, 2022. Disponível em: http://repositorio.unifasipe.com.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/183/GEOVANY%20ALVES%20NERY_TCC_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 22 out. 2023.

OLIVEIRA, E. J.; SILVEIRA, L. P. S.; VICENTE, L. M. **NR.35 - Trabalho em altura andaimes tubular**. Orientador(es): Domingos César Ferreira; Tavares; Fernando Ferraz de Siqueira Filho. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Segurança do Trabalho) - Etec Francisco Garcia, Mococa, 2024.

OLIVEIRA, P.M. **Sistemática para implementação e manutenção de equipamentos de proteção coletiva em obras verticais na cidade de Caruaru-PE**. Orientador: Flávio Eduardo Gomes. 2013. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39310> Acesso em: 22 out. 2023.

PEINADO, H. S. (org.). **Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção civil**. São Carlos: Editora Scienza, 2019.

PIANEGONDA, N. **Acidentes de trabalho matam ao menos uma pessoa a cada 3h47 mn no Brasil**. Disponível em: <https://www.tst.jus.br/-/acidentes-de-trabalho-matam-ao-menos-uma-pessoa-a-cada-3h47min-no-brasil-1#:~:text=Em%202020%2C%20foram%20446.881%20acidentes,37%25%2C%20alcan%C3%A7ando%20612.920%20notifica%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 5 dez. 2023.

PROLIFE ENGENHARIA. **Construção civil e trabalho em altura: o que você sabe sobre o assunto?** 2020. Disponível em: <https://prolifeengenharia.com.br/2020/09/04/construcao-civil-e-trabalho-em-altura-o-que-voce-sabe-sobre-o-assunto/>. Acesso em: 4 set. 2023.

SALIBA, T. M. **Legislação de segurança, acidente do trabalho e saúde do trabalhador**. 6.ed. São Paulo: LTr Editora., 2009.

SCHRAMM FILHO, R. M. **Medidas preventivas para o trabalho em altura na construção civil. Engenharia Segurança do Trabalho**. Orientador: José Humberto Dias de Tolêdo. 2018. 68 f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho)- Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/455fbb0c-8491-40bf-821f-5de795d43b75/content> Acesso em: 22 out. 2023.

SELF ENGENHARIA. **Tudo sobre o curso de NR 35**. Disponível em: <https://selfengenharia.com.br/blog/tudo-sobre-curso-de-nr-35-trabalhos-em-altura/> Acesso em: 22 out. 2023.

SOUZA, A.O. **Trabalho em altura na construção civil e as medidas preventivas de segurança do trabalho**. Orientador: Almeida, Marcos Lacerda2017. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Natal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40638> Acesso em: 22 out. 2023.

Microstructural Evaluation of Composites Incorporated With Industrial Waste

Avaliação Microestrutural de Compósitos Incorporados com Resíduos Industriais

Joelma Dias

PhD in Chemical Engineering in the Research Line Regional Resources and Environment . Institution: Instituto Nacional do Semiárido

Luiz Fiquene de Brito

Doctor in Environmental Engineering in the Research Line Solid Waste Treatment . Institution: Universidade Federal de Campina Grande

Ana Cristina Silva Muniz

PhD in Environmental Engineering in the Research Line Treatment of Gases and Odors . Institution: Universidade Federal de Campina Grande

Adriana Valéria Arruda Guimarães

PhD in Chemical Engineering in the Research Line Regional Resources and Environment. Institution: Universidade Federal de Campina Grande

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque

PhD in Environmental Engineering in the line of Research Water and Waste Treatment Technologies. Institution: Universidade Estadual da Paraíba

ABSTRACT

Oil sludge is waste, which has a potential impact on nature and human health. Solidification/stabilization technology has stood out as an effective approach to treating this waste by transforming it into non-toxic, insoluble forms. Thus, the objective of the present research was to treat hazardous organic waste, through stabilization by solidification and evaluate the resulting matrix, through X-ray Diffraction Analysis, Scanning Electron Microscopy and Thermogravimetric Analysis. Cementitious matrices were prepared with addition of 5% and 20% oil sludge. After the curing time, the specimens were ground and submitted for characterization analyses. This, indicated a high organic mass to be treated and presented an amount of chromium above the maximum permissible limit. The incorporation of the oil sludge did not have a significant impact on the hydration reactions of the cementitious matrices, as indicated by the characteristic peaks of Portlandite and Calcium Silicate. The scanning electron microscopy analysis pointed out that the oil sludge did not interfere in the cement hydration reactions, resulting in the formation of the main hydration products. There was a significant difference in mass losses between the treatment with 5%



and 20% oil sludge, with greater losses when incorporating a larger amount of residue, while the curing time had no significant influence.

Keywords: industrial organic waste; XRD; SEM; petroleum sludge; microstructure; composites.

RESUMO

A borra de petróleo é um resíduo, que tem um impacto potencial na natureza e na saúde humana. A tecnologia de solidificação/estabilização tem se destacado como uma abordagem eficaz para tratar esse resíduo, transformando-o em formas não tóxicas e insolúveis. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi tratar resíduos orgânicos perigosos, por meio da estabilização por solidificação e avaliação da matriz resultante, por meio de Análise de Difração de Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura e Análise Termogravimétrica. Matrizes cimentícias foram preparadas com adição de 5% e 20% de borra de petróleo. Após o tempo de cura, as matrizes cimentícias foram moídas e submetidos a análises de caracterização. Este método indicou uma massa orgânica elevada a ser tratada e apresentou uma quantidade de cromo acima do limite máximo permissível. A incorporação da borra de petróleo não teve um impacto significativo nas reações de hidratação das matrizes cimentícias, como indicado pelos picos característicos de Portlandita e Silicato de Cálcio. A análise por microscopia eletrônica de varredura apontou que a borra de petróleo não interferiu nas reações de hidratação do cimento, resultando na formação dos principais produtos de hidratação. Houve diferença significativa de perdas de massa entre o tratamento com 5% e 20% de borra de petróleo, com perdas maiores ao incorporar maior quantidade de resíduo, enquanto o tempo de cura não teve influência significativa.

Palavras-chave: resíduos orgânicos industriais; DRX; MEV; borra de petróleo; microestrutura; compósitos.

INTRODUCTION

The various types of sludge that exist in the petroleum industry are landing sludge, lagoon sediment sludge, refining sludge, tank bottom sludge, activated petroleum wastewater sludge, petroleum drilling sludge, oil-water separator sludge (Jagaba *et al.*, 2022).

Petroleum refinery sludge consists of complex hydrocarbons that include linear and cyclic alkanes (40-52%), polyaromatics (28-31%), resins (7-22%), and asphaltenes (8-10%) (Kriipsalu *et al.*, 2008; Janajreh *et al.*, 2020). Oily sludge is a near-solid material, including water/oil emulsions, solids, petroleum hydrocarbons, and metals (Hamidi *et al.*, 2021). Petroleum sludge generated from oil refinery has been recognized as a hazardous waste (Andrade *et al.*, 2009). It contains potent immunotoxic and carcinogenic materials (Kankia *et al.*, 2021; Al-mahbashi *et al.*, 2022). The practical and effective disposal of this oily waste has become a global problem due to its toxic nature and the large quantity produced each year. One ton of petroleum sludge is generated for every 500 tons of crude oil processed (Singh and Kumar, 2020). The sludge has significant potential for environmental pollution and therefore requires treatment prior to disposal. Proper management of oil sludge is

necessary because improper methods can result in: (i) negative environmental effects - water and soil pollution, (ii) adverse effect on human health, (iii) loss of large waste value, (iv) non-compliance with laws and standards imposed by local government authorities, (v) unattractive view that can damage the company's reputation, and (vi) a financial burden on the organization to clean up and reclaim the area (Jagaba *et al.*, 2022).

Although numerous techniques used in sludge treatment have been shown to be efficient, some often have high installation and operating costs, while others can cause negative environmental impacts, such as the release of toxic gases from the incineration of petroleum waste (Silva *et al.*, 2019). Because of the stubbornness of sludge, only a few technologies can reach a middle ground between meeting strict environmental rules and consuming a large amount of energy, chemicals, and water (Jagaba *et al.*, 2022).

Solidification/stabilization (S/S) technology has been widely used (Zhao *et al.*, 2020) to reduce the leaching capacity of contaminants in solid waste by physical and chemical means and to convert hazardous waste into insoluble, immobile, non-toxic forms for disposal on land or construction purposes (Johnston *et al.*, 2020).

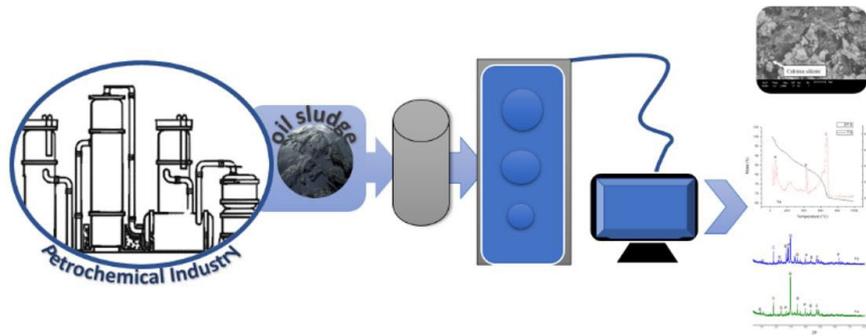
In solidification stabilization using cement, the main reactions that explain the matrix strength are the hydration reactions. The S/S process starts when water is added and tricalcium aluminate (C3A) hydrates causing the hardening of the mixture (Brito, 2007).

The four main phases of clinker are named: alite (tricalcium silicate - C3S, 50 to 70%); belite (dicalcium silicate - β C2S, 15 to 30%); tricalcium aluminate (C3A, 5 to 10%) and tetracalcium iron aluminate (CAF, 5 to 15%); Where: C = CaO; S = SiO₂; H = H₂O; F = Fe₂O₃ and A = Al₂O₃ [20]. The main products of hydration are portlandite (CH) and calcium silicate hydrate (CSH), which is a poorly crystalline gel, according to reaction of hydration of Simple Portland Cement (SPC) (Lange *et al.*, 1988; Shi and Spence 2005; Spence and Shi 2005).

Three main products are produced by the rapid reaction of cement with water: Calcium Silicate Hydrates (C₂SH_x, C₃S₂ H_x) known as Calcium Silicate Hydrate gels (C-S-H), Calcium Aluminate Hydrates (C₃AH_x, C₄AH_x) and Ca(OH) Hydrated Lime (Al-Kindi, 2019).

Solidification and stabilization (S/S) treatments limit the release of harmful chemicals from hazardous waste ((Shen *et al.*, 2019). In this sense, the objective of this research was to treat hazardous organic waste, through stabilization by solidification and evaluate whether the addition of oily sludge interfered with the cement hydration reactions, through the analysis of the microstructure of the cement matrices, using Scanning Electron Microscopy. (SEM), Thermogravimetric Analysis and X-ray Diffraction (XRD).

Graphic 1 - Graphic Summary.



Source: author, 2023.

MATERIALS AND METHODS

Materials

The binder used in the S/S process, was Portland cement CII-F-32 from Cimpor - Cimentos do Brasil, João Pessoa, PB. The oily oil sludge used in this research was harvested from the bottom of the storage tank of an oil refinery and the sand was obtained at the local market.

Characterization and Classification of Oily Oil Sludge and Binder, and Particle Size Analysis of Sand

The characterization of the oily petroleum sludge was carried out using Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDX) analysis and the Oily Petroleum Sludge (OPS) and the binder (Portland cement) pH determination using the potentiometric method, determination of metals in the leachate extract, extract, moisture content and total solids and their fractions by gravimetric method. For the characterization of the sand, a granulometric analysis was performed.

Energy Dispersive X-Ray (EDX)

X-ray fluorescence analysis was performed in order to determine the inorganic constituents of the oil sludge. The samples analyzed were sieved at 100 mesh and 150 μm aperture. The analysis was performed with Shimadzu equipment EDX-720 model, in the laboratory of characterizations of the Materials Engineering Academic Unit of the Federal University of Campina Grande.

Hydrogen Potential (PH)

The pH of the oil sludge and the binder was determined with a potentiometer in suspension. The pH determination was performed on the mixture of distilled water and oil sludge after stirring and resting for 3 hours in a "Tecnal 2" potentiometer.

Sand Granulometric Analysis

For the confection of the cementitious matrices, sand obtained in the commerce of the city of Campina Grande was used. The granulometric analysis by sieving was performed in the laboratory of the Associação Técnico-Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior, ATECEL.

Confection of Cementitious Matrices

Initially, cementitious matrices (MCs) were made with cement:sand ratios in four mixes, adopting the ratios (1:1), (1:2), (1:3) and (1:4) and with a curing time of 7 days. The objective was to select the mix that presented the lowest amount of cement for the highest compressive strength. These data were used to select the mix that was used for molding the cementitious matrices. The mixtures, as well as their respective compressive strengths, are presented in table 1.

Table 1 - Compressive strength (CS) and mixtures for making the cementitious matrices.

Trace	Cement(g):Sand(g)	CS(kgf.cm ⁻²)	CS (MPa)
(1:1)	(150:150)	24.360	2.38
(1:2)	(100:200)	23.220	2.28
(1:3)	(75:225)	11.530	1.13
(1:4)	(60:240)	10.900	1.07

Source: author, 2023.

The mix selected to be used for making the cementitious matrices was 1:2, since this mix presented a compressive strength close to the 1:1 mix, but with less cement mass used. The choice of this mixture reduces the cost of the operation and does not compromise the strength of the material.

From the 1:2 mixture, the proportions of cement, sand and oil sludge were determined. To verify the influence of the addition of this waste, cementitious matrices were made with two different proportions, being 5 and 20%. The waste treatment in which 5.0% of the oil sludge waste was incorporated into the cementitious matrix was called T3, and the treatment that was incorporated with 20% of oil sludge was called T4.

Table 2 presents the mass of cement, sand, and oil sludge, as well as their proportion for treatments T3 and T4.

Table 2 - Mixtures for making the cementitious matrices. Data adapted from Dias, Brito, and Muniz 2020.

Treatment	Mass (g)					Ratio W/C (ml)	Proportions (CPC:Sand:OPS)
	CPC	Sand	Plaster*	OPS	CM		
T3(5,0% OPS)	109.25	218.5	327.75	17.25	345.0	0.48	(1:2:0.158)
T4 (20% OPS)	92.0	184.0	276.0	69.0	345.0	0.43	(1:2:0.75)

*(cement + sand) without water.

legend - cm: cementitious matrix; w/c: water/cement; cpc: composite portland cement; OPS: Oily Petroleum Sludge.

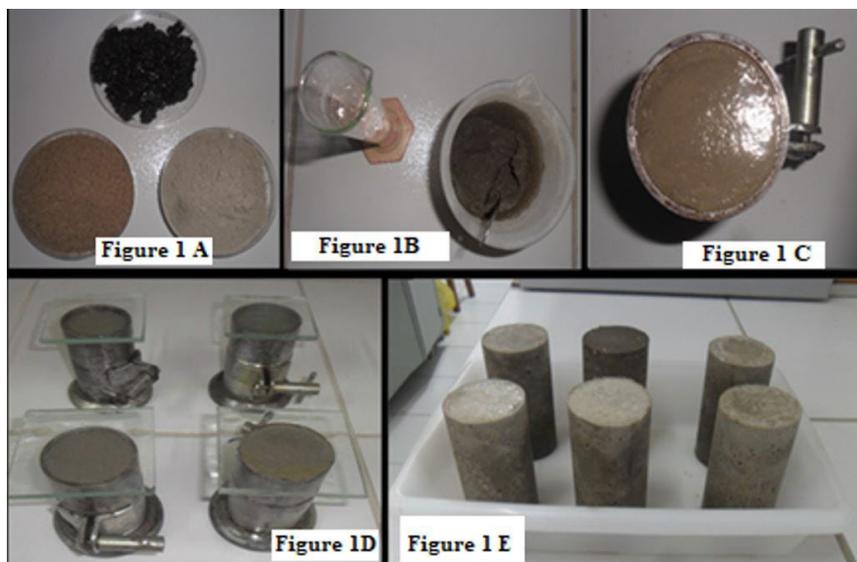
Source: author, 2023.

From the measurements obtained according to Table 2, considering the selected mixture and based on the aspects proposed by Brito and Soares (2009), the cementitious

matrices were made, following the steps below: the binder and the oily oil sludge (contaminant) were weighed separately in an analytical balance with 0.01 g precision (Figure 1a), then the binder and the oil sludge were mixed at low speed for two minutes, recording the time when the binder was put in contact with the mixing water. After contact between the binders and water, the time for the preparation of the cementitious matrices was started (Figure 1b). After the contaminant and binder were homogenized in the presence of water, in order to obtain a homogeneous mass, it was placed inside the cylindrical mold and then compacted to avoid the formation of voids inside the mold (Figure 1c). Soon after, this mass remained at rest for a period of 24 hours for hardening of the paste and subsequent demolding. A rectangular glass plate with an edge of 70 mm by 100 mm and a thickness of 5 mm was placed over the cylindrical mold to avoid water loss by evaporation (figure 1d).

The sample preparation time was related to the time between the addition of the binder and contaminant and the performance of the test. The cementitious matrix was left at rest following the 28-day curing time (figure 1e).

Figure 1 - Making the cementitious matrices.



Source: author, 2023.

After the curing time, the specimens were ground and subjected to characterization analyses.

Characterization of the Cementitious Matrices

The cementitious matrices were characterized using Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD) and thermogravimetric analysis (TGA).

Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analytical assessments were carried out at the Material Characterization Laboratory (MCL) of the Federal University of Campina Grande (UFCG). The Scanning Electron Microscope, Model SSX-550 Shimadzu, was employed for this purpose. To enhance conductivity for effective SEM analysis of the cementitious matrices, a metallization process was applied. This involved coating the specimen surfaces with a thin layer of gold.

X-Ray Diffraction (XRD)

The objective of the analysis of the cementitious matrices by X-ray diffraction (XRD) was the detection of mineralogical phases that may have been modified due to the addition of the oil sludge. The samples extracted from the cementitious matrix were crushed and sieved to a particle size of 75 μm . Then they were analyzed in the Laboratory of New Materials Development (LABNOV), employing a Shimadzu XRD-6000 diffractometer with $\text{CuK}\alpha$ radiation, voltage of 40 KV, current of 30mA, step size of 0.02θ and time per step of 1,000s, with scanning speed of $2^\circ(2\theta)/\text{min}$, with 2θ angle from 10° to 80° .

Thermogravimetric Analysis

The thermogravimetric analyses aimed to characterize the cementitious matrices samples through the curves of thermogravimetry (TG) and derived thermogravimetry (DTG). The samples were analyzed in a TA Instruments simultaneous thermal analyzer TGA/DTA/DSC, model Q600. The tests were performed in an alumina crucible, with a sample mass around 3 mg in an inert N_2 atmosphere (25 ml min^{-1}), heating rate of $10^\circ\text{C min}^{-1}$. The temperature of the analysis was carried out from room temperature up to 1000°C . These analyses were performed in the Laboratory of Thermoanalysis of the Materials Characterization Laboratory of the Materials Engineering Academic Unit (UA-EMA).

RESULTS AND DISCUSSION

Characterization of Oily Oil Sludge and Binder (Common Portland Cement) and Sieve Curve of Sand

The characterization of the oil sludge waste aimed to obtain information about its physicochemical and microstructural characterization. In Table 3 are presented the values of moisture, solids and their fractions and pH of the oil sludge and Portland cement.

The total solid content of the oily sludge was 65.25%. This value indicates that the oily sludge has a high organic mass to be treated. Of the total total solids present in the OPS mass, 66.83% represent inorganic material and 33.17% organic material or substance that volatilizes at temperatures below 550°C . This organic material represented by the volatile solids, are hydrocarbons that volatilize at a temperature of 550°C .

The fixed solids content was 66.83% for the OPS, this indicates the presence of inert materials, since oil sludge consists among other components of sediments such as clay and silica mixture (Heidarzadeh *et al.*, 2010). The moisture content of the OPS was 34.75% moisture content. It is not desirable for the application of the solidification stabilization process that the waste has a high amount of water, because an excess of it can hinder the reactions between solidifying agents and the oil sludge. The pH of the oily sludge presented a value equal to 7.78.

The cement presented 99.62% total solids and 98.96% total fixed solids, this high amount is related to the chemical composition of the binder. The cement presents less than 1% of humidity.

For the characterization of the OPS was determined the concentration of Nickel, Cadmium, Copper, Chromium, Zinc, Cobalt and Lead, all showed concentration below the limits set by standards, except for Chromium that showed a metal concentration of 8.27 mg.L-1, which in Brazil establishes The maximum overall chromium concentration in wastewaters allowed by CONAMA Resolution 357/2005 (Conama, 2005) is 0.5 mg.L-1 of chromium, in Italy maximum allowable discharge of this metal into surface waters and sewage systems is 4.0 mg.L-1, in Portugal 2.0 mg.L-1 and Spain mg.L-1 (Magro *et al.*, 2012). In Portland cement the metal concentrations were below the limits set (Dias *et al.*, 2020).

Table 3 - Physical-chemical characterization of oily oil sludge and Portland cement. Reused with permission from Dias, Brito, and Muniz, 2020.

Parameters	OPS	CPC
Moisture Content	34.75%	0.36%
Total Solids	65.25%	99.62%
Total Fixed Solids*	66.83%	98.96%
Total Volatile Solids*	33.17%	1.04%
pH	7.78	12.36
Chromium	8.270	0.700

*Relative to total solids.

LEGEND - OPS: Oily Petroleum Sludge; CPC: Portland Cement Compound; pH: Hydrogen Potential
Source: author, 2023.

Table 4 shows the data concerning the elemental composition of the inorganic fraction of the oil sludge, obtained by Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDX) analysis.

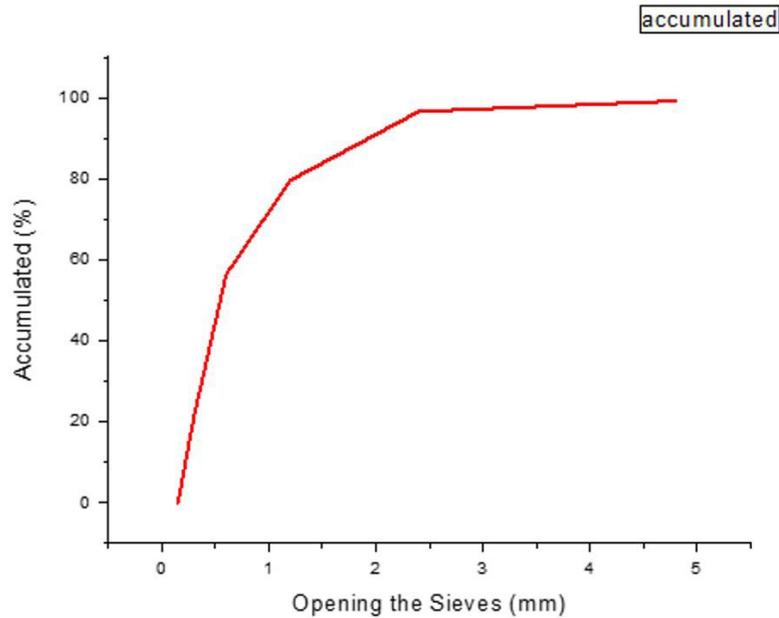
Table 4 - Chemical composition of the oil sludge residue (% by weight).

CaO	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MnO	Cl	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	BaO	TiO ₂	ZnO
30.6	21.8	11.8	10.1	6.7	5.8	3.9	2.6	1.5	1.3	1.0	0.6	0.6	0.4

Source: author, 2023.

As seen in table 4, it is verified that the oil sludge waste presented 21.8% of chromium oxide, this result is also confirmed by the chromium result performed in atomic absorption spectrophotometer, corroborating the classification of the oil sludge as a hazardous waste. It is also observed that the OPS expresses a higher amount of oxide in the form Calcium Oxide (CaO), Aluminum Oxide (Al₂O₃) and Silicon Oxide (SiO₂). The significant presence of these oxides is due to the fact that the oil sludge used in this research work, presents in its composition a significant amount of sand. Pinheiro and Holanda (2013) and Monteiro *et al.* (2007) characterized an oily residue and also observed the presence of these oxides.

Figure 2 shows the sieving curve of the sand used in the making of the cementitious matrices.

Figure 2 - Granulometric curve of the area.

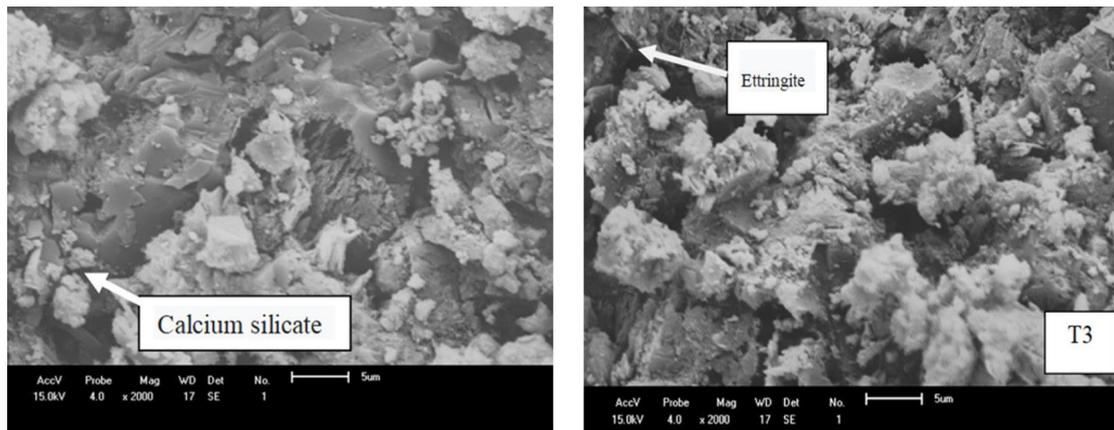
Source: author, 2023.

The sand presented a fineness module equal to 2.46, which defines it as a medium grain size sand belonging to the optimal zone according to ABNT NBR 7211 (2005).

Analysis of The Cementitious Matrices

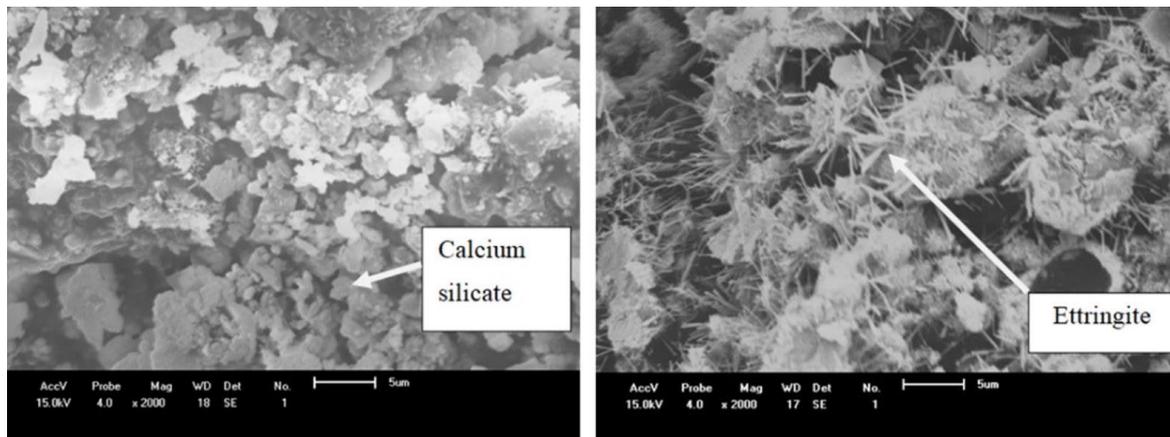
X-Ray Diffraction (XRD)

The changes in the crystalline phases of the E/S material incorporated with the oil sludge were determined by means of XRD. Diffractograms reveal phase structure, chemical, and crystalline information data that provide a better understanding about the reaction products of cement matrices incorporated with oil sludge residue (Yin et al 2008). Figure 3 shows the phases commonly detected in a cement matrix, namely Portlandite (Ca(OH)_2) and calcium silicate hydrate (C-S-H), and also the ettringite phase ($\text{C}_6\text{AS}_3\text{H}_32$), which is usually formed at the beginning of cement hydration. This phase is formed through the reaction of calcium and alumina in cement with sulfate inherently present in the cement paste or introduced into the system through an external source (Chrysochoou and Dermatas 2006). Ettringite is usually present in large amounts at curing time of 1-7 days and gradually absent after 28 days of curing (Yin *et al.*, 2008).

Figure 4 - SEM corresponding to Treatment T3.

Source: author, 2023.

Figure 4 presents micrographs, obtained in SEM at 2000x magnification, of cement matrix samples incorporated with 5% oil sludge and cured at 28 days (Treatment T3) showing Calcium Silicate and Ettringite.

Figure 5 - SEM corresponding to Treatment T4.

Source: author, 2023.

In figure 4, it is observed a high amount of Calcium Silicate being represented by sponge-like agglomerates, the latter conferring mechanical strength to cementitious matrices and the presence of Ettringite represented by needle-like crystals. It is possible to observe that the needles of Ettringite are clearer in the matrix cured at 7 days (Dias et al 2015) this is because Ettringite is formed in large amounts in the first seven days of hydration and gradually absent after 28 days.

Figure 5 presents micrographs, obtained in SEM at 2000x magnification, of samples of the cementitious matrix incorporated with 20% oil sludge and cured at 28 days (Treatment T4).

In figure 5, it is not possible to observe the presence of Portlandite, however, a considerable amount of Ettringite is visible, this indicates that after 28 days it has not fully decomposed, indicating that the oil sludge residue possibly caused a delay of these reactions, which may have occurred is the oil present in the residue to have been deposited on the cement grains not hydrated leading to a delay in reaction time. According to Suthersan (1999), oil and grease contaminants can cover the cement grains, preventing the reaction

between water and cement. Some organic contaminants can be absorbed by the cement surface and severely delay cement hydration.

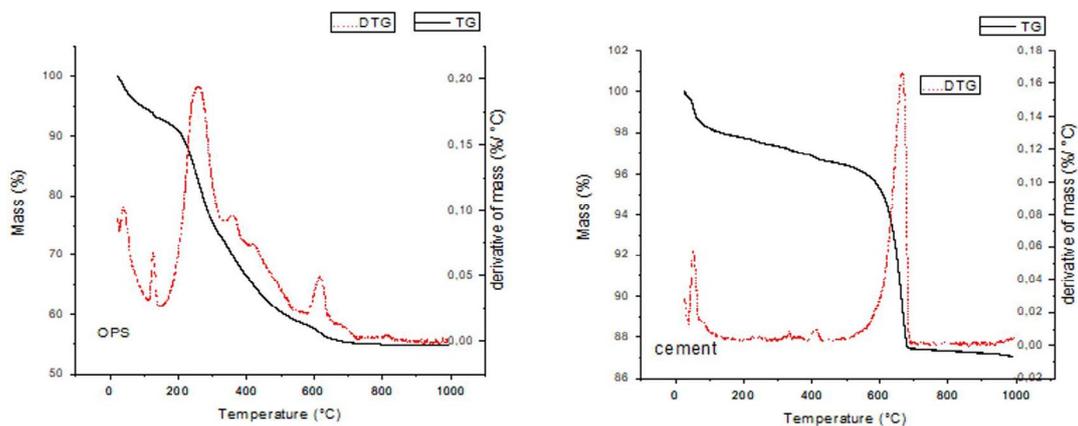
Observing the images obtained by SEM, it can be seen that the oil sludge did not interfere significantly in the cement hydration reactions, and the main hydration products were formed, which are: portlandite, calcium silicate, and ettringite.

Thermogravimetric Analysis

The TG/DTG technique was used to evaluate the temperature ranges where the mass losses occurred. Figure 6 shows the TG/DTG curve of the reference paste (T0), i.e., the matrix without waste, containing only cement and sand.

In figure 6 one can see a mass loss, around 2.8%, up to 80°C due to the humidity of the sample. Around 420°C, the loss of mass was about 8% referring to the dehydroxylation of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. It is observed a total loss of cement mass up to 1000°C of 15.6%.

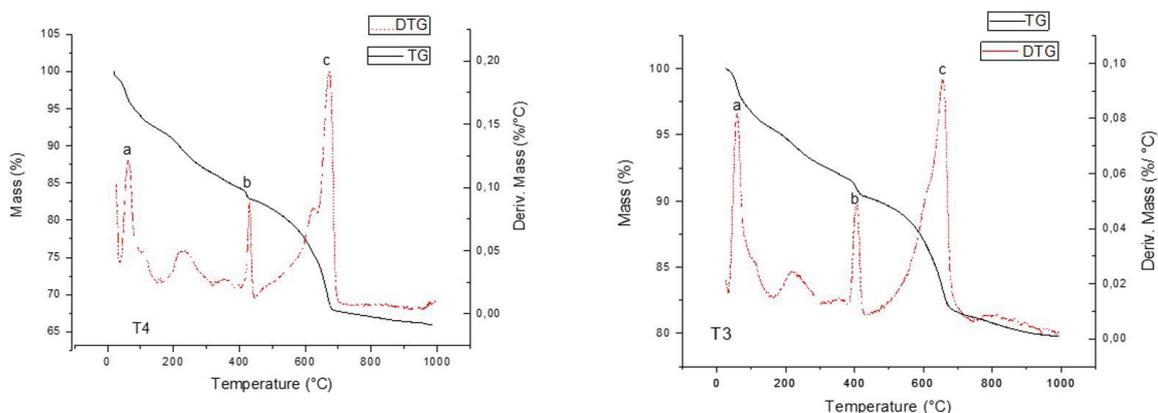
Figure 6 - TG/DTG curves, of sample T0, at heating rate of 10°C min⁻¹, in Nitrogen atmosphere.



Source: author, 2023.

Figure 7 presents the TG/DTG curves, of the twenty-eight day cured cement matrix samples incorporated with 5 and 20% oil sludge, corresponding to treatment T3 and T4.

Figure 7 - TG/DTG curves of the T3 and T4 matrices, at a heating rate of 10°C min⁻¹, in a Nitrogen atmosphere.



Source: author, 2023.

It can be seen in the TG/DTG curves of the T3 treatment the mass losses that were 2.6% at 80°C, after the temperature reached 430°C the mass loss was 9.6% and at 1000°C 20.2%. Between 440-580°C there is a mass loss of 3.3%, this loss is related to dehydroxylation of Ca(OH)_2 and between 580 to 1000°C there is a mass loss of 9.5%, which is due to decarbonation of CaCO_3 .

In Treatment T4, the loss in mass at 1000°C was 34%, much higher than the loss of T3, because in the latter treatment the percentage of waste is lower, 5% of OPS. The increase in this mass loss (from T3 to T4) is related to the combustion and volatilization of organic matter present in the oil sludge that is retained in the cement matrix, since T4 has a higher percentage of incorporated oil sludge.

The TG/DTG profiles note characteristic reactions that take place in hydrated cement paste when subjected to a temperature increase. As can be seen, the curves for the two treatments are similar. In the range from 250C to 1000C a marked mass loss is observed in treatment T4, which was the treatment that incorporated a higher percentage of oil sludge.

As seen, characteristic peaks are observed in the graphs, which are:

- (i) DTGpico(a) = uncombined water loss (Bhatty and Reid 1985; Ramachandran 2002; Alarcon-Ruiz et al 2005);
- (ii) DTGpico(b) = dehydroxylation of Ca(OH)_2 (Dweck et al 2000; Ramachandran et al 2002; Esteves 2011)
- (iii) DTGpico(c) = decarbonation (Malliou et al 2007; Winnefeld et al 2010).

By analyzing Figure 7, it can be seen that between 50°C to 77°C, a loss of uncombined water loss occurs, i.e., free water, this peak is observed around 65°C. The peak corresponds to the mass loss pertinent to the dehydroxylation of Ca(OH)_2 , occurred between 390°C and 440°C and presented a peak around 433°C.

When analyzing the two treatments, it is observed that the largest peak in the TG/DTG curves, is the one corresponding to that of decarbonation, which occurs in the temperature range of 450°C to 690°C and is close to 650°C.

When analyzing the mass losses individually for each treatment, it is observed that there was no significant difference between the percentage of mass loss of the reference matrix and the treatment that was incorporated 5% of waste (T3). However, there is a significant difference between the mass losses of the treatment that incorporated 5% of OPS (T3) and the one that incorporated 20% of OPS (T4), occurring greater losses when a larger amount of waste was incorporated. This greater loss may be related to combustion and volatilization of organic matter present in the waste. When comparing these lost masses of each treatment, it is observed that the curing time had no significant influence.

FINAL CONSIDERATIONS

The characterization of the oily oil sludge showed that it is a hazardous waste and through microstructural characterization it was verified the main products of the cement

hydration reactions. The detection of characteristic peaks of Portlandite and Calcium Silicate suggests that the incorporation of oil sludge as waste did not have a substantial effect on the hydration reactions in cementitious matrices, but possibly caused a delay in the hydration reactions with increasing percentage of oil sludge. Another important finding shown by the research is that a considerable amount of Ettringite is visible after 28 days, this suggests that organic contaminants present in the residue have been deposited on the unhydrated cement grains leading to a delay in the curing time. The mass loss revealed by thermogravimetric analysis shows that the increase of incorporated waste leads to an increase in mass loss and it was observed that the curing time did not show significant influence on the mass loss of cement matrices. The characterization of the material incorporated with oil sludge through the macrostructural analyses used in this research is a powerful tool to indicate the influence that the organic waste causes in the hydration reactions and consequently in the final strength of the stabilized and solidified material.

REFERENCES

- Alarcon-Ruiz, L., Platret, G., Massieu, E., & Ehrlicher, A. (2005). *The use of thermal analysis in assessing the effect of temperature on a cement paste*. *Cem Concr Res*, 35, 609-613. doi:org/10.1016/j.cemconres.2004.06.015.
- Al-Kindi, G. Y. (2019). *Evaluation the Solidification/Stabilization of Heavy Metals by Portland Cement*. *J Ecol Eng*, 20, 91–100. doi.org/10.12911/22998993/99739.
- Al-mahbashi, N., Kutty, S. R. M., Jagaba, A. H., Al-Nini, A., Ali, M., Saeed, A. A. H., Ghaleb, A. A. S., & Rathnayake, U. (2022). *Column study for adsorption of copper and cadmium using activated carbon derived from sewage sludge*. *Adv Civil Eng*, 1–11. doi:10.1155/2022/3590462.
- Andrade, P. F., Azevedo, T. F., Gimenez, I. F., Filho, A. G. S., & Barreto, L. S. (2009). *Conductive carbon–clay nanocomposites from petroleum oily sludge*. *J Hazard Mater*, 167, 879–884. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.01.070.
- Asavapisit, S., Naksrichum, S., & Harnwajanawong. (2005). *Strength, leachability and microstructure characteristics of cement-based solidified plating sludge*. *Cem Concr Res*, 35, 1042–1049. doi:org/10.1016/j.cemconres.2004.07.041.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2005). *NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação*.
- Bhatty, J. I., & Reid, K. J. (1985). *Use of thermal analysis in the hydration studies of a type 1 portland cement produced from mineral tailings*. *Thermochim Acta*, 91, 95-105. doi:org/10.1016/0040-6031(85)85205-9.
- Brito, A. L. F. (2007). *Protocolo de avaliação de materiais resultantes da estabilização por solidificação de resíduos*. PhD Dissertation, University of Universidade Federal de Santa Catarina.
- Brito, A. L. F., & Soares, S. R. (2009). *Assessment of integrity and retention of heavy metals in materials stabilized by solidification*. *Eng Sanit Ambient*, 14, 39–48. doi: 10.1590/S1413-41522009000100005.
- Chrysochoou, M., & Dermatas, D. (2006). *Evaluation of ettringite and hydrocalumite formation for heavy metal immobilization: literature review and experimental study*. *J Hazard Mater*, 136, 20–33. doi:org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.008.

- CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). *Resolução n.º 457*. Ministério do Meio Ambiente.
- Dias, J., Brito, A. L. F., Bandeira, A. A. S., Patrício, A. C. L., & Muniz, A. C. S. (2015). *Study of the Stabilization/Solidification of Oily Sludge of Oil through of Scanning Electron Microscopy and Diffraction of X-Rays*. Mater Sci Forum, 820, 526-531. doi:org/10.4028/www.scientific.net/MSF.820.526.
- Dias, J., Brito, A. L. F., & Muniz, A. C. S. (2020). *Proposition of maximum permissible limits for environmental assessment and classification of materials stabilized by solidification incorporated with oil waste*. Environ Technol, 43, 1745-1759. doi: 10.1080/09593330.2020.1850875.
- Dweck, J., Buchler, P. M., Coelho, A. C. V., & Cartledge, F. K. (2000). *Hydration of a Portland cement blended with calcium carbonate*. Thermochim Acta, 346, 105-113. doi:org/10.1016/S0040-6031(99)00369-X.
- Esteves, L. P. (2011). *On the hydration of water-entrained cement–silica systems: Combined SEM, XRD and thermal analysis in cement pastes*. Thermochim Acta, 518, 27-35. doi:org/10.1016/j.tca.2011.02.003.
- Hamidi, Y., Ataei, S. A., & Sarrafi, A. (2021). *A highly efficient method with low energy and water consumption in biodegradation of total petroleum hydrocarbons of oily sludge*. J Environ Manage, 293, 112911. doi:org/10.1016/j.jenvman.2021.112911.
- Heidarzadeh, N., Gitipour, S., & Abdoli, M. A. (2010). *Characterization of oily sludge from a Tehran oil refinery*. Waste Manag Res, 28, 921–927. doi: 10.1177/0734242X09345794.
- Jagaba, A. H., Kutty, S. R. M., Lawal, I. M., et al. (2022). *Diverse sustainable materials for the treatment of petroleum sludge and remediation of contaminated sites: A review*. Cleaner Waste Systems, 2, 100010. doi:org/10.1016/j.clwas.2022.100010.
- Janajreh, I., Alshehi, A., & Elagroudy, S. (2020). *Anaerobic co-digestion of petroleum hydrocarbon waste and wastewater treatment sludge*. Int J Hydrog, 45, 11538–11549. doi:org/10.1016/j.ijhydene.2018.05.100.
- Johnston, S. G., Bennett, W. W., Doriean, N., Hockmann, K., Karimian, N., & Burton, E. D. (2020). *Antimony and arsenic speciation, redox-cycling and contrasting mobility in a mining-impacted river system*. Sci Total Environ, 710, 136354. doi:org/10.1016/j.scitotenv.2019.136354.
- Kankia, M. U., Baloo, L., Danlami, N., Mohammed, B. S., Haruna, S., Abubakar, M., Jagaba, A. H., Sayed, K., Abdulkadir, I., & Salihi, I. U. (2021). *Performance of Fly Ash-Based Inorganic Polymer Mortar with Petroleum Sludge Ash*. Polymers, 13, 4143. doi:org/10.3390/polym13234143.
- Kriipsalu, M., Marques, M., & Maastik, A. (2008). *Characterization of oily sludge from a wastewater treatment plant flocculation-flotation unit in a petroleum refinery and its treatment implications*. J Mater Cycles Waste Manag, 10, 79–86. doi:org/10.1007/s10163-007-0188-7.
- Lange, L., Schwabe, W., & Hills, C. D. A. (1998). *Tecnologia da estabilização/solidificação aplicada ao tratamento de resíduos industriais*. Eng Sanit e Ambient, 3, 55-66.
- Magro, C. D., Deon, M. C., Rossi, A. D., Reinehr, C. O., Hemkemeier, M., & Colla, L. M. (2012). *Chromium (VI) biosorption and removal of chemical oxygen demand by Spirulina platensis from wastewater-supplemented culture medium*. J Environ Sci Health, 47, 1818–1824. doi: 10.1080/10934529.2012.689539.
- Malliou, O., Katsioti, M., Georgiadis, A., & Katsiri, A. (2007). *Properties of stabilized/solidified admixtures of cement and sewage sludge*. Cem Concr Compos, 29, 55–61. doi:org/10.1016/j.cemconcomp.2006.08.005.

- Monteiro, S. N., Vieira, C. M. F., Ribeiro, M. M., & Silva, F. A. N. (2007). *Red ceramic industrial products incorporated with oily wastes*. *Constr Build Mater*, 21, 2007–2011. doi:org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.035.
- Patel, H., & Pandey, S. (2012). *Evaluation of physical stability and leachability of Portland Pozzolana Cement (PPC) solidified chemical sludge generated from textile wastewater treatment plants*. *J Hazard Mater*, 207, 56–64. doi:org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.028.
- Pinheiro, B. C. A., & Holandan, J. N. F. (2013). *Obtainment of porcelain floor tiles added with petroleum oily sludge*. *Ceram Int*, 39, 57–63. doi:org/10.1016/j.ceramint.2012.05.092.
- Ramachandran, V. S., Paroli, R. M., Beaudoin, J. J., & Delgado, A. H. (2002). *Handbook of thermal analysis of construction materials*. William Andrew, New York.
- Shen, Z., Jin, F., O'Connor, D., & Hou, D. (2019). *Solidification/Stabilization for Soil Remediation: An Old Technology with New Vitality*. *Environ Sci Technol*, 53, 11615–11617. doi:org/10.1021/acs.est.9b04990.
- Shi, C., & Spence, R. (2005). *Designing of cement-based formula for solidification/stabilization of hazardous, radioactive and mixed wastes*. *Crit Rev Environ Sci Technol*, 34, 391–417.
- Silva, D. C., Lucas, C. R. S., Henrique Juvinião, B. M., Moura, M. C. P. A., Dantas, T. N. C., & Neto, A. A. D. (2019). *Analysis of the use of microemulsion systems to treat petroleum sludge from a water flotation unit*. *J Environ Chem Eng*, 7, 102934. doi:org/10.1016/j.jece.2019.102934.
- Singh, B., & Kumar, P. (2020). *Physicochemical characteristics of hazardous sludge from effluent treatment plant of petroleum refinery as feedstock for thermochemical processes*. *J Environ Chem Eng*, 8, 103817. doi:org/10.1016/j.jece.2020.103817.
- Spence, R. D., & Shi, C. (2005). *Stabilization and solidification of hazardous, radioactive and mixed wastes*. 1^a ed. CRC Press, Boca Raton.
- Suthersan, S. S. (1996). *Remediation Engineering: Design Concepts*. CRC Press Inc. Lewis Publishers, New York.
- Winnefeld, F., Leemann, A., Lucuk, M., Svoboda, P., & Neuroth, M. (2010). *Assessment of phase formation in alkali activated low and high calcium fly ashes in building materials*. *Constr Build Mater*, 24, 1086–1093.
- Yin, C. Y., Ali, W. S. W., & Lim, Y. P. (2008). *Oil palm ash as partial replacement of cement for solidification/stabilization of nickel hydroxide sludge*. *J Hazard Mater*, 150, 413–418. doi:org/10.1016/j.jhazmat.2007.04.119.
- Zhao, Q., Chen, X., Dai, H., et al. (2020). *Inhibition of diammonium phosphate on the wheat dust explosion*. *Powder Technol*, 367, 751–761. doi:org/10.1016/j.powtec.2020.04.026.

Determinação da Aderência de Produtos em Acabamento Superficial de Madeiras

Determination of Adherence of Products in Woods Surface Finish

Gilmar Correia Silva

Docente da UESB

Breno Santana Sena

Discente do Curso de Engenharia Florestal da UESB

Sóstenes Teixeira Santos

Discente do Curso de Engenharia Florestal da UESB

João Lucas Borges Lacerda

Discente do Curso de Engenharia Florestal da UESB

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a aderência de produtos utilizados no acabamento superficial da madeira, geralmente utilizada na indústria moveleira. Avaliou-se o potencial de aderência de quatro produtos sintéticos utilizados em marcenarias (verniz brilhante (VB), verniz marítimo (VM), stain impregnante (SI) e stain impregnante a base de água (SA), de acordo com as recomendações da norma NBR 11003 (1990). A aplicação foi feita em amostras, previamente preparadas superficialmente, de *Pinus elliotti.*, *Eucalyptus grandis* e *Amburana cearensis* (cerejeira). Os resultados foram satisfatório para VB, VM e SI, com excelente porcentagem de aderência. Já para SA, os valores foram inferiores, sendo reprovados na avaliação realizada com base na porcentagem de aderência. Concluiu-se que a natureza química do produto pode ter gerado resultados inferiores aos demais produtos.

Palavras-chave: indústria moveleira; sintéticos; vernizes.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the adhesion of products used in finishing surface of wood, generally used in furniture store. Evaluated the adhesion potential of four synthetic products used in woodworks (Bright varnish, (-VB), Marine varnish, (MV), impregnating stain (IS), water based impregnating stain (WBIS), according to the recommendations of the norm NBR 11003 (1990). The application was made in samples, previously prepared



superficially of *Pinus elliotti.*, *Eucalyptus grandis* e *Amburana cearensis* (cherry tree). The results were satisfactory for BV, MV and IS, with excellent adherence percentage. For WBIS, the values were lower, failing the assessment based on the percentage of adherence. It was concluded that the chemical nature of the product may have produced inferior results to the other products.

Keywords: furniture industry; synthetics; varnishes.

INTRODUÇÃO

No Brasil o setor industrial madeireiro é um dos mais importantes em termos de geração de renda e emprego, com significativa representatividade na economia brasileira. Dentro dessa indústria, pode-se destacar o ramo moveleiro que de acordo com Souza *et al.* (2011a), vem se consolidando desde 1940, e tem se utilizando cada vez mais madeiras oriundas de reflorestamento.

Para Dias Júnior *et al.* (2013), o conhecimento das propriedades da madeira na produção de móveis, como densidade e estabilidade dimensional, além das propriedades mecânicas e parâmetros de trabalhabilidade, são essenciais para o uso adequado da madeira de cada espécie.

Rosa *et al.* (2007) citam que a primeira matéria-prima empregada na fabricação de móveis foi a madeira nativa, como o jacarandá, o mogno, a imbuia, a cerejeira, o freijó, o marfim, conhecidas também como madeira de lei, devido principalmente a características como a aparência das diferentes fibras e colorações, a alta resistência física e mecânica, a durabilidade e a usinabilidade (pode ser emoldurada, torneada ou entalhada). Nesse sentido, Faller *et al.* (2006) consideram que atividades empresariais que envolvem recursos naturais, em especial as da indústria moveleira, defender o meio ambiente deixou de ser uma preocupação apenas dos ecologistas, passando a ser uma parte importante das estratégias empresariais, utilizando madeiras de reflorestamentos, especialmente as do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, que cada vez mais apresentam um papel fundamental no setor florestal brasileiro com maior exigência de qualidade (Souza *et al.*, 2011b).

A madeira de *Pinus*, no geral, apresenta rápido crescimento, além de características citadas por Faller *et al.* (2006) favoráveis ao uso no setor moveleiro tais como a usinabilidade, maior durabilidade, estabilidade dimensional (resistência a empenamento e deformações) e inúmeros tipos de acabamentos por sua superfície lisa e homogênea.

A diversidade de aplicação da madeira de *Eucalyptus*, se deve, segundo Dias Júnior *et al.* (2013), especialmente, aos inúmeros estudos técnico-científicos realizados com as espécies desse gênero, os quais têm fornecido as informações necessárias para uma melhor empregabilidade do material, além das diversas tonalidades possíveis de cor da madeira contribuírem para usos que necessitem de aspectos estéticos e qualidade visual.

Avelino (2012) cita que ao ser destinada à confecção de móveis, assoalhos e esquadrias que demandam alta qualidade da superfície das peças, a usinagem da madeira bem executada melhora o desempenho frente aos processos de acabamento superficial, tornando a operação economicamente ajustada.

O acabamento é um detalhe que leva diretamente a valorização estética do produto e a boa finalização agrega valor por trazer um toque de requinte e exclusividade, além de proporcionar maior durabilidade e proteção aos produtos.

De acordo com Silva (2002), a alta qualidade dos revestimentos é alcançada se a superfície que ancorará os produtos de acabamento estiver em condições ideais, possuindo uma textura fina (baixa rugosidade), sem defeitos e com limpeza adequada, isto é, ausência de partículas sólidas e/ou líquidas.

Souza *et al.* (2011a) descrevem que os produtos de acabamento superficial apresentam a função de proteger e preservar o produto acabado, assim como os tornam mais agradáveis sob a perspectiva estética. E que tais produtos podem ser de origem natural que é reversível, ou seja, retornam ao estado líquido após a cura; ou sintética, que não retornam ao estado líquido. Destacando que os produtos sintéticos mais utilizados na indústria moveleira são as tintas, os vernizes e seladoras, enquanto os naturais são as ceras e os óleos que aplicados à superfície da madeira, protegem, lustram e conservam.

Os produtos mais comumente utilizados são as seladoras, de base nitrocelulósica, os vernizes e tintas de base sintética e também as ceras (de carnaúba e peroba), de origem vegetal, estes produtos irão se diferenciar pela finalidade de uso da peça, seja esta para uso externo ou interno, tais produtos também se diferenciam pela sua durabilidade ou objetivo do acabamento.

A superfície a receber o produto de acabamento, no geral, um filme de acabamento ou revestimento não elimina os defeitos, mas torna-os mais evidentes. Riscos superficiais ou imperceptíveis em madeira ao natural podem se tornar nítidos após o recebimento de acabamentos brilhantes, nesse sentido, Silva (2002) citando Watai (1995) afirma que bons resultados são alcançados se a superfície que ancorará os produtos de acabamento estiver em condições ideais, envolvendo uma textura fina (baixa rugosidade), sem defeitos e ausência de partículas sólidas e/ou líquidas.

Considerando o exposto e o resumido número de trabalhos sobre a avaliação de produtos de acabamentos superficiais na madeira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aderência de produtos sintético e natural utilizados no acabamento superficial da madeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas madeiras de *Pinus elliotti*, *Eucalyptus grandis* e *Amburana cearenses*, obtidas em estabelecimento comercial madeireiro no município de Vitória da Conquista, Bahia. As análises foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Vitória da Conquista, BA.

Foi realizada inicialmente a determinação da densidade aparente e teor de umidade das madeiras de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) de 8 (oito) amostras de cada espécie.

Para os testes de aderência foram produzidos corpos de prova, com orientação tangencial e dimensões de 70 mm de comprimento x 60 mm de largura x 16 mm de espessura,

homogêneas quanto às dimensões e isentas de defeitos, tais como nós, podridões, bolsas de resina e rachaduras, que em seguida foram lixadas com lixa grão 80 e 120, limpas com ar comprimido e pano seco, com as superfícies preparadas como determinado pelo fabricante de cada produto utilizado.

Quatro produtos sintéticos de acabamento comumente utilizados em marcenarias foram utilizados sendo eles: verniz brilhante (VB), verniz marítimo (VM), stain impregnante (SI) e stain impregnante a base de água (SA).

Para o teste de aderência de cada produto para as três madeiras avaliadas foram utilizadas 10 amostras por tratamento, perfazendo um total de 120 corpos de prova. Uma das faces recebeu aplicação de verniz base nitrocelulose com diluição 10% utilizando-se de pistola de alta pressão com bico 1,4 mm. Foi respeitado o tempo de secagem de 12 horas entre cada uma das duas demãos, de acordo com recomendação do fabricante. A tabela 1 apresenta a descrição das propriedades dos produtos de acordo com os fabricantes.

Tabela 1 - Propriedades dos produtos de acabamento.

Produto/Propriedade	VB	VM	SI	SA
Acabamento	Brilhante	Acetinado	Acetinado	Acetinado
Viscosidade (CF4 a 25°C)	50,5 ± 3"	28 ± 2"	12 ± 2"	12 ± 2"
Teor de Sólidos (%)	55,7 ± 2	46,46 ± 2	36,726 ± 2	Variável
Brilho (% UB)	95 ± 2	25 ± 2	-	-
Durabilidade (anos)	-	2	3	4
Densidade (g.cm⁻³)	0,992 ± 0,020	-	0,879 ± 0,020	Variável

Fonte: autoria própria.

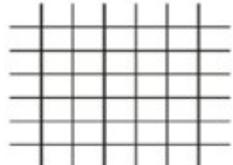
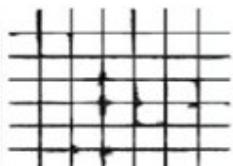
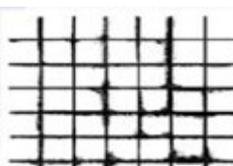
Para realização dos testes de aderência foram adotados os seguintes critérios, conforme os procedimentos estabelecidos na norma NBR 11003 (ABNT, 1990):

1. O ensaio foi realizado após decorrido o tempo mínimo de secagem entre demãos
2. Os testes foram realizado após 4 dias de secagem dos produtos usados
3. O ensaio foi realizado a temperatura ambiente e umidade controlada
4. A área avaliada foi maior que 1% da área pintada de cada amostra
5. Foi utilizado o método B, que consiste em corte em grade
6. A lâmina usada possui 25 dentes com distância entre dentes de 3 mm
7. A força aplicada para o corte foi constante
8. Antes da aplicação da fita para o arranchamento foi retirado o excesso do verniz
9. Alisar a fita com o dedo sobre a área quadriculada e em seguida esfregar firmemente a borracha no sentido longitudinal da fita para se obter uma uniformidade na transparência da fita aplicada.
10. Para o ensaio, remover de maneira uniforme e contínua 10 cm de fita e aplicar sobre a área quadriculada em um dos sentidos dos cortes.

11. Remover a fita no intervalo de 1 min a 2 min da aplicação, puxando-a firme e continuamente com uma
12. Velocidade aproximada de 20 cm/s e um ângulo tão próximo de 180°
13. Avaliação: examinar a área ensaiada quanto ao destacamento, logo após a remoção da fita, classificando a aderência de acordo com a Figura 1, que apresenta a tabela A.3 da norma NBR 11003 (ABNT, 1990)

Foi utilizado o método de corte em grade e para tanto, utilizou-se um dispositivo decorte, com seis gumes, (separados entre si em 3 mm); em seguida realizaram-se dois cortes perpendiculares, formando uma grade de 25 quadrados. Sobre essa grade, aplicou-se fita adesiva especial semitransparente, de 38mm de largura e adesividade de 32 g/mm, fortemente pressionada até se obter uniformidade na transparência; posteriormente, a fita foi removida.

Tabela 2 - Tabela com a apresentação do destacamento na área quadriculada conforme a norma NBR 11003 (ABNT, 1990).

Código	Figura
GR0 Nenhuma área da película destacada	
GR1 Área da película destacada, cerca de 5% da área quadriculada	
GR2 Área da película destacada, cerca de 15% da área quadriculada	
GR3 Área da película destacada, cerca de 35% da área quadriculada	
GR4 Área da película destacada, cerca de 65% da área quadriculada	

Fonte: autoria própria.

Foram consideradas aprovadas as amostras com até 15% da área destacada, ou seja, com 85% de aderência, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da aderência dos produtos de acabamento em função da área destacada conforme a norma NBR 11003 (ABNT, 1990).

Área destacada (%)	Aderência (%)	Avaliação
0 - 4	100 - 96	Aprovada
5 - 14	95 - 86	Aprovada
15 - 34	85 - 66	Aprovada
35 - 64	65 - 36	Reprovada
65 - 100	35 - 0	Reprovada

Fonte: autoria própria.

Os resultados do teste de aderência dos produtos de acabamento superficial Os resultados foram interpretados estatisticamente, por meio da análise de variância, sendo que a comparação entre os tratamentos foi executada através do teste F, a 5% de significância.

Nas propriedades em que a hipótese nula foi rejeitada, as médias foram comparadas também a 5% de significância, pelo teste de Tukey (software "Statgraphics").

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da densidade aparente (ρ_{ap}) e teor de umidade (TU) das espécies são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios da densidade aparente e teor de umidade.

Espécie	Média das Propriedades	
	pap (g.cm-3)	TU (%)
<i>P. elliotti</i>	0,54	13,7
<i>E. grandis</i>	0,51	12,1
<i>A. cearenses</i>	0,71	12,8

Fonte: autoria própria.

Considerando as propriedades físicas da madeira, Silveira *et al.* (2013) descrevem a densidade como um dos mais importantes parâmetros para avaliação da sua qualidade, além de ser tecnicamente de fácil determinação e estar diretamente relacionada às demais características.

A densidade aparente para as três espécies foram classificadas como média. De acordo com a classificação proposta pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica -IPT (1985), madeiras com densidade básica inferiores à 0,50 g.cm⁻³ são classificadas como de baixa, madeiras com densidade básica no intervalo entre 0,50 e 0,72 g.cm⁻³ são classificadas como de média densidade e madeira com densidade básica acima de 0,72 g.cm⁻³ são classificadas com de alta. Já os teores de umidade médios foram bem próximos e abaixo da umidade de equilíbrio da região, em torno de 15%.

Foelkel *et al.* (1971) citam a densidade como responsável pela caracterização de diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore, sendo resultante da combinação de diversos fatores como dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alburno e arranjo dos elementos anatômicos.

Os resultados do teste de aderência são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Aderência dos produtos e avaliação das peças por espécie.

Produto	Aderência (%)		
	<i>P. ellioti</i>	<i>E. grandis</i>	<i>A. cearenses</i>
VB	92,5 a	91,5 a	90 a
VM	96 a	95 a	95 a
SI	92,5 a	94 a	95 a
SA	49 b	63 b	82 a
CV %	14,4	14,5	15,2

Médias na mesma coluna, seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% designificância ($p < 0,05$). Verniz brilhante (VB), Verniz marítimo (VM), Stain impregnante (SI), Stain impregnante a base de água (SA). Coeficiente de Variação (CV).

Fonte: autoria própria.

De modo geral, a aderência dos produtos foi considerado muito positivo em relação a sua baixa porcentagem de destacamento para todas as espécies, não havendo diferença significativa dos resultados, quando comparado os diferentes produtos por superfície de aplicação, com exceção do produto stain impregnante a base de água (SA), que ficou com uma performance inferior aos demais e estatisticamente diferentes para as espécies *P. ellioti* e *E. grandis*.

Considerando a avaliação dos produtos baseados na porcentagem máxima de falha, apenas aqueles oriundos da aplicação do SA foram reprovados com resultados inferiores a 85% de aderência.

Verificou-se no processo de arrancamento que as falhas ocorreram, em sua maioria, nas áreas de interseções da grade, e naquelas superfícies onde foi aplicado o SA ocorreu também nas bordas dos quadrantes, o que evidencia menor potencial de aderência do produto. Souza *et al.* (2011) avaliando o desempenho geral de madeiras dos clones de *E. urophylla* e *E. camaldulensis* verificaram comportamento semelhante, quanto a aplicação de produtos sintéticos.

Silva (2012) realizando o teste de aderência do verniz sobre corpos de prova de *E. grandis*, obteve valores inversamente relacionadas com a qualidade da superfície obtida, e cita como fatores de resultados aos passos seguidos na preparação da superfície dos corpos de prova para receber o verniz, e observou ainda, que em relação às propriedades anatômicas, a presença dos vasos permitiu uma melhor ancoragem do verniz e conseqüentemente melhor aderência.

Pode-se relacionar a menor aderência do produto SA à natureza química do produto que interfere na ancoragem do mesmo sobre a superfície de aplicação. O verniz no geral, é conhecido por criar um acabamento de poro fechado, onde geralmente se utiliza um produto preparador previamente à sua utilização.

Enquanto o stain é um produto impregnante de poros abertos, onde após a aplicação, penetra alguns milímetros na madeira, fazendo assim o seu selamento. Dessa forma, embora não se tenha comparado a performance entre espécies, deve-se considerar que

podem ocorrer interferências em função das propriedades da madeira, especialmente na estrutura anatômica, da madeira que promove maior ou menor absorção e ancoragem dos produtos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem concluir que o produto stain a base de água, apresenta uma performance inferior aos demais, cujos valores geraram excelente porcentagem de aderência.

As maiores falhas são gerados nas faces onde ocorrem os riscos produzidos na superfície onde os produtos são aplicados, o que sugere que em aplicação em móvel, o destacamento do produto pode ocorrer mais facilmente onde ocorrer algum tipo de incidente que gere o desgaste em determinado ponto.

Além da natureza química do produto, a estrutura da madeira, bem como o preparo de sua superfície são imprescindíveis para a obtenção resultado final satisfatório.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11003 – Tintas – Determinação aderência**. Rio de Janeiro, 1990. 9p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107p.
- AVELINO, E. F. **Avaliação da madeira de teca jovem (Tectona grandis L. f.) visandouso em movelaria**. 2012. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.
- DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. **Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria**. Ciência da Madeira, v. 04, n. 01, p. 93-107. 2013.
- FALLER, L. P.; ZAMBERLAN, C. O.; ABICHT, A. M. **Percepção do Cliente nos Móveis Fabricados com Madeira Reflorestada**. In... XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2006.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. IPEF n.2/3, pag. 65-74. 1971.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - **Madeira: o que é e como podeseer processada e utilizada**. São Paulo: 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36).
- ROSA, S. E. S.; CORREA, A. R.; LEMOS, M. L. F.; BARROSO, D. V. **O setor de móveis na atualidade: uma análise preliminar**. Disponível em < <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>, 2007.
- SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden**. 2002. 204p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. **Teor de umidade e densidade básica da madeira**

de nove espécies comerciais amazônicas. Boletim Técnico. Universidade de Brasília – UnB. v. 43, n. 2. 2013.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L. STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. **Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de Eucalyptus grandis submetidas à secagem.** Cerne, v. 18, n. 1, p. 167-174, 2011b.

SOUZA, M. O. A.; SILVA, J. C.; EVANGELISTA, W. V. **Aplicação de acabamentos superficiais em madeira de Eucalyptus camaldulensis Dehnh. e Eucalyptus urophylla S.T. Blake visando ao uso na indústria moveleira.** Scientia Forestalis, v. 39, n. 92, p. 403-409, 2011a.

WATAI, L. T. **Tecnologia básica em acabamento de madeiras.** São Paulo: IPT, 1995. 103 p.

Estudo da Dinâmica Temporal das Margens da Porção Norte da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul (RS), com Vistas ao Monitoramento da Extração Mineral

José Antônio Dias Cacciatore

RESUMO

A Laguna dos Patos, maior lagoa costeira do mundo, localizada no Rio Grande do Sul, é influenciada principalmente pelo vento na circulação de suas águas. A mineração de areia ameaça a célula norte da laguna, especialmente no Parque Estadual de Itapuã, podendo causar erosão e desaparecimento de praias. O estudo utiliza imagens de satélite para monitorar a erosão e a hidrodinâmica, avaliando o impacto das atividades mineradoras. A análise inclui a morfologia das margens, a influência do vento nordeste e a variação da faixa de praia. Resultados indicam que o vento e as ondas são os principais agentes de mudança, com dados georreferenciados e mapas temáticos auxiliando no monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Laguna dos Patos; Rio Grande do Sul; vento; mineração de areia; erosão; faixa de praia; mapas temáticos.

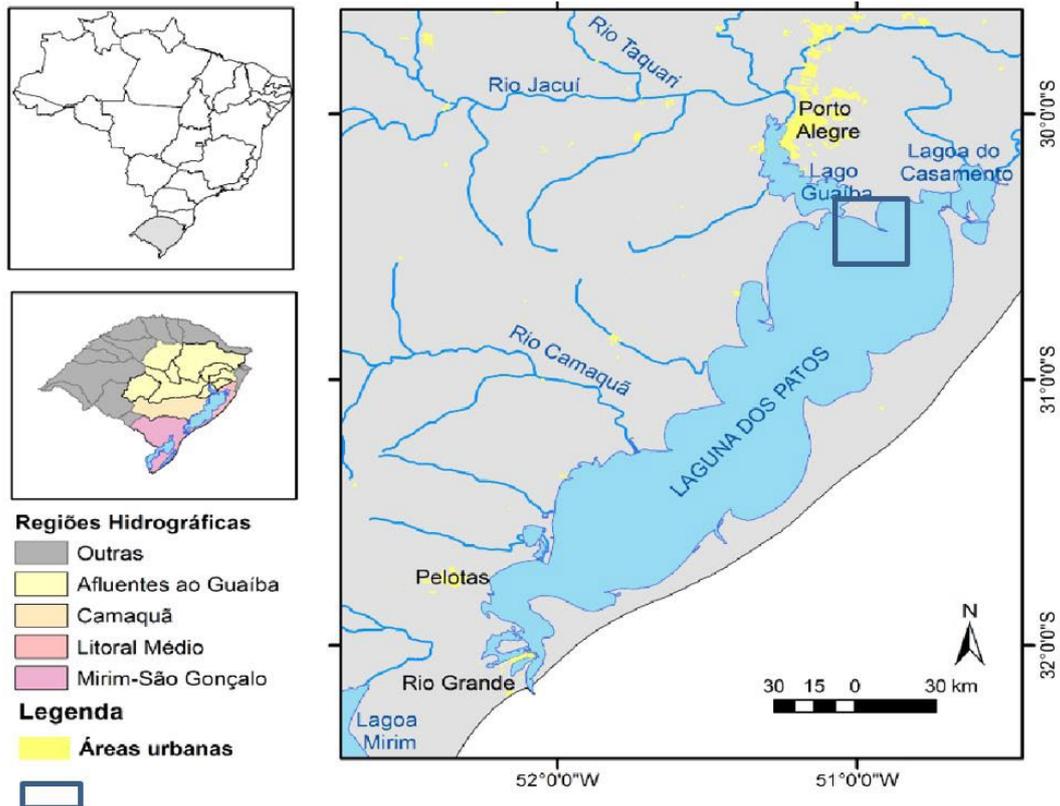
INTRODUÇÃO

A Laguna dos Patos, maior lagoa costeira do Brasil e do mundo (KJERFVE, 1986), tem aproximadamente 10360,0 km² de superfície, estando localizada no leste do Rio Grande do Sul, entre as latitudes -30° e -32° sul e longitudes -50° e -52°, (Figura 1). Em geral, o vento é a causa dominante de circulação e a troca de água com o oceano dependente amplamente da vazão afluente (KJERFVE, 1989). As marés são geralmente de importância secundária e são em grande parte filtradas no canal de entrada. A célula norte da Laguna dos Patos está sendo alvo dos mineradores de areia, que tentam avançar em direção às áreas intocadas no seu interior, devido à exaustão/redução dos volumes de areia no rio Jacuí. Os cuidados a serem observados com o meio ambiente e os processos erosivos ao longo das praias da região e em especial as do Parque Estadual de Itapuã, em função da alteração da hidrodinâmica,



devem ser mais rigorosos. Ou seja, se as atividades de mineração forem instaladas nesta região, haverá potenciais riscos de desaparecimento de praias em função da retirada em demasia dos sedimentos pela atividade, uma vez que não há reposição nesta área. O Pontal das Desertas, e seu prolongamento submerso o Banco das Desertas, localizado a leste do Estreito de Itapuã, ao final da Praia de Fora, do PEI, crescendo a partir da Lagoa Negra, com direção aproximada para SE, infletindo em sua porção distal emersa para E, é o local que irá sofrer alterações severas, implicando em processos erosivos ao longo da costa norte da laguna.

Figura 1 - Localização da Laguna dos Patos e bacia de contribuição dos principais afluentes*.



Fonte: autoria própria.

A morfologia das margens lagunares é marcada pela presença de células ou bacias menores limitadas por pontas de areia, formadas pelas ondas estacionárias provocadas pelo vento soprando paralelamente a laguna (Isla, 1995; Villwock, 1977). Estes pontais arenosos destacam-se pela magnitude e influência nos processos dinâmicos e sedimentares do corpo lagunar alcançando distâncias de até 25 km e com altura média de um metro (Toldo *et al.*, 2006).

A circulação forçada pelo vento é caracterizada pela presença de várias células com velocidade sotavento perto das margens e a favor do vento do fluxo de retorno que ocorrem nas zonas centrais (Möller *et al.*, 1996). Conforme verificado na literatura (Castelão; Möller; 2003; Fernandes, 2001, entre outros), o vento nordeste gera um transporte de águas em direção ao sul, o que causa uma depressão no nível do corpo lagunar na parte norte e uma elevação na parte sul, gerando um vetor gradiente de pressão em direção ao oceano e favorecendo a saída da água da laguna. Desnível entre as extremidades da laguna gerado pelo vento pode atingir 0,08 m para ventos de 4 m.s⁻¹ (Castelão; Möller, 2003; 2006).

OBJETIVOS

Avaliar por meio da análise de imagens de satélite georreferenciadas, a situação histórica, atual e o possível avanço de erosão das margens da Lagoa dos Patos na porção norte, junto ao Parque Estadual de Itapuã, localizado no município de Viamão/RS, decorrente das atividades de extração mineral, previstas em empreendimentos submetidos a licenciamento ambiental no Órgão Estadual.

Os objetivos específicos:

- Levantar detalhadamente as feições da Praia de Fora.
- Gerar arquivos no formato KML, do comportamento anual, mensal e semanal da praia de Fora para que os dados obtidos possam ser utilizados futuramente no monitoramento da área e identificar possíveis alterações. Elaborar mapas temáticos da área.

METODOLOGIA

Para monitorar a recuperação de possíveis áreas degradadas na área de estudo, serão selecionadas imagens de satélite, disponibilizadas na internet através do programa Google Earth™. O período histórico considerado será de 2002 a 2017. Serão selecionadas imagens com boa resolução e sem nuvens, nas quais se identifiquem locais com solo exposto e/ou coloração diferenciada na mata ciliar. Adicionalmente, uma pesquisa aos dados disponíveis no banco de dados de licenciamento da FEPAM e no sistema *online* SIGMINE do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM) possibilitará a seleção das imagens para identificação de polígonos licenciados para extração de areia por estas duas Instituições, na porção norte da Laguna dos Patos.

As imagens do satélite Landsat OLI 8 selecionadas do acervo da FEPAM com boa resolução espacial e sem a presença de nuvens, serão georreferenciadas, vetorizadas e analisadas quanto à situação das praias e margens desta porção norte da laguna, mais a montante a partir da saída do Lago Guaíba.

As áreas de preservação permanente (APP) e as áreas de praias arenosas serão medidas em termos de distribuição horizontal e a posição das margens arenosas será verificada durante o período da estiagem e o das cheias, a fim de afastar da influência mineral os processos erosivos naturais comuns a corpos hídricos lagunares similares. Para tanto, também serão utilizados programas de SIG licenciados à FEPAM, como o ArcGIS, ou obtidos gratuitamente na internet, como o QuantumGis, dependendo da disponibilidade e adaptabilidade à metodologia.

Para o reconhecimento, monitoramento e confirmação de resultados serão realizadas vistorias técnicas à área, com a utilização de equipamentos de posicionamento geográfico (GNSS) e câmeras fotográficas. As principais praias a serem atingidas por fenômenos erosivos caso as atividades de mineração sejam liberadas.

RESULTADOS

A partir das 19 vistorias realizadas no decorrer de um ano na área de estudo, constatou-se através do processamento dos dados coletados que, os principais agentes modeladores do relevo da Praia de Fora são o vento e as ondas, e que a causa principal da variabilidade da faixa de praia é a resultante vetorial dos efeitos de maré. O vento quando toca na superfície das águas lagunares gera ondas, que se propagam até as margens onde realizam o transporte de sedimentos ao longo da praia, de forma lenta retrabalhando o mesmo que ao longo do tempo diminui o seu tamanho molecular. Quando o vento sopra de sudeste e sul em determinado momento os cúspides encontravam-se paralelos à faixa de praia, já quando o vento é norte ou este, toca para fora os sedimentos com isso os cúspides encontram-se ortogonais a praia.

O comportamento semanal, mensal e anual da faixa de praia, foi salvo em arquivos no formato KML (imagem 4.1) onde é possível identificar pontos de interesse ao longo da Praia de Fora, que não mudem ao longo do tempo, para auxiliar no monitoramento de possíveis alterações na mesma, um dos pontos de escolha foi à base de um aerogerador abandonado implantado no ano de 2001 na região.

Os metadados foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e à Fundação Estadual de Proteção Ambiental, sendo elaborados três mapas temáticos da região na escala de 1/50000, um com dados pedológicos de ordem (imagem 4.2A) e textura (imagem 4.2B) do solo e outro com dados geomorfológicos (imagem 4.3) da região do Parque Estadual de Itapuã.

Através da compilação das informações adquiridas com o GNSS, foi possível gerar a correção da Faixa de Praia obtida do cálculo do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada- em português) com uma imagem do satélite LandSat OLI 8 com resolução geométrica nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8 de 15 m a multiespectral de 30 m e a termal com 100 m, isto é, cada *pixel* da imagem representa uma área no terreno de 15 m. (INPE, 2019), por meio da composição dos dados GNSS + NDVI, o produto gerado (imagem 4.4) possui uma resolução espacial de aproximadamente 1 m, que torna satisfatório pois a variação anual é de 14,15 m. com esta compilação dos dados foi gerado um mapa da praia de fora na escala 1/1000 articulado com nomenclatura PF1 a PF14, contado do estreito ao Pontal da Desertas.

E, por fim, o banco de dados de informações sobre a Praia de Fora conta com fotos (imagem 4.5), tiradas durante as vistorias. As imagens mostram como é o comportamento da faixa de praia, onde é possível ver a formação e o deslocamento do banco de areia ao longo da margem. Os cúspides praias e a morfologia local. E uma tabela no Excel, onde foi realizado todo o tratamento estatístico dos dados coletados com o GNSS, possibilitando a geração de um gráfico (imagem 4.6) que representa o comportamento da faixa de praia para o período de um ano, e o cálculo da amplitude da faixa de praia que é de 14,15 metros.

Imagem 4.1 - Arquivos KML da praia de fora.



Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

Imagem 4.2-A - Mapa de Ordem dos solos da Praia de Fora.



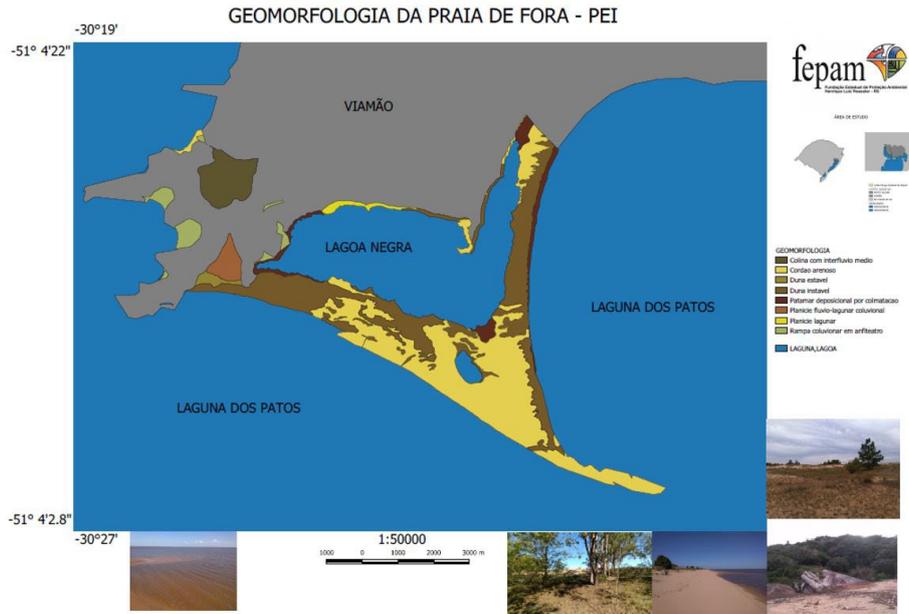
Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

Imagem 4.2-B, Mapa de Textura dos solos da Praia de Fora.



Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

Imagem 4.3 - Mapa da Geomorfologia da Praia de Fora.



Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

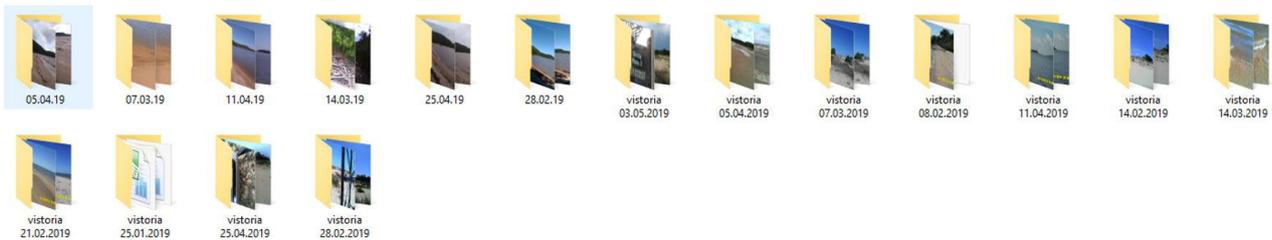
Imagem 4.4 - Faixa de praia obtida da composição dos dados GNSS mais NDVI.

FAIXA DE PRAIA NA ÁREA DO PARQUE ESTADUAL DE ITAPUÃ



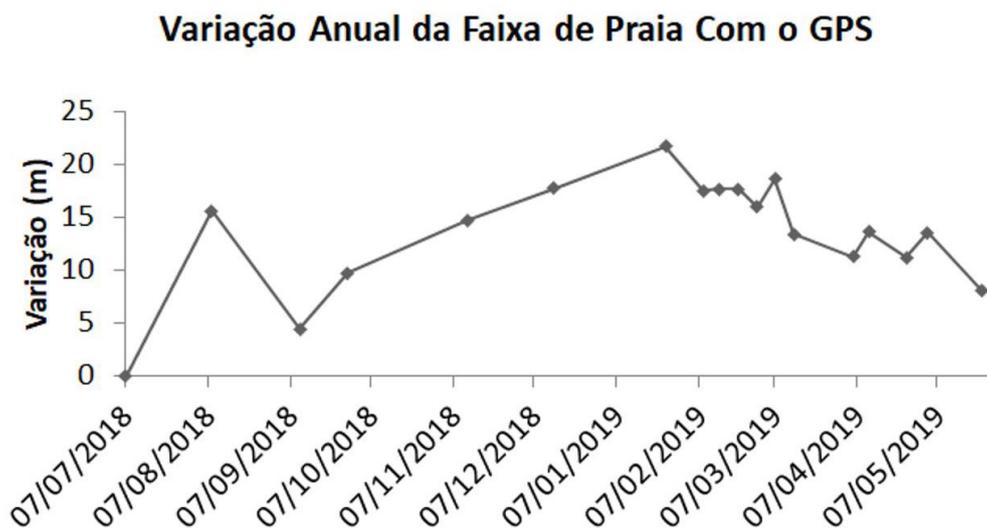
Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

Imagem 4.5 - Banco de imagens da Praia de Fora.



Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

Imagem 4.6 - Gráfico da variação anual da faixa de praia com o GPS.



Fonte: Jose A. D. Cacciatore.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos dados coletados, das vistorias semanais e da revisão bibliográfica, é possível concluir que a liberação de atividades minerárias na Célula Norte da Lagoa dos Patos implicará, em médio e longo prazo, na retirada de sedimentos do sistema. A Praia de Fora será impactada por ser a fonte de sedimentos mais próxima e nela poderão ocorrer eventos erosivos severos, intensos e irreversíveis, como a redução da largura da faixa de praia, devido à migração natural de sedimentos das margens para o interior da laguna a fim de reequilibrar o sistema sedimentar desta região.

REFERÊNCIAS

- CASTELÃO, R.M.; MÖLLER Jr., O. **Sobre a circulação tridimensional forçada por ventos na Lagoa dos Patos**. Atlântica, Rio Grande, v. 25, n. 2, p. 91-106, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.5088/Atlântica.v25i2.2297>
- CASTELÃO, R. M.; MÖLLER Jr., O. O. **A modelling study of Patos lagoon (Brazil) flow response to idealized wind and river discharge: dynamical analysis**. Brazilian Journal of Oceanography, São Paulo, v. 54, n.1, p.1–17, 2006. doi: 10.1590/S167987592006000100001
- FERNANDES, E.H. **Modelling the Hydrodynamics of the Patos Lagoon, Brazil**. (Tese) University of Plymouth, 2001.
- ISLA, F. I. Coastal lagoons. In: PERILLO, G.M. E. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Developments in sedimentology 53, 1995. KJERFVE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLF, D.A. Estuarine Variability. New York: Academic Press, 1986.
- KJERFVE, B.; MAGILL, K. E. **Geographic and Hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons**. Marine Geology, 88, p. 187-199. 1989. doi: 0.1016/0025-3227(89)90097-2.
- MÖLLER Jr., O. O.; CASTAING, P.; SALOMON, J.; LAZURE, P. **The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon**. Estuaries. Vol. 24, n. 2, p. 297-311. Abril 2001. doi:10.2307/1352953.

TOLDO JR., E. E, DILLENBURG, S. R, CORRÊA, I. C. S, ALMEIDA, L. E. S. B, WESCHENFELDER, J, GRUBER, N. L. S. 2006. **Sedimentação de Longo e Curto Período na Lagoa dos Patos, Sul do Brasil.** Pesquisas em Geociências, v.33, p.79 – 86.

VILLWOCK, J.A. **Aspectos da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos:** Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto/RS – Brasil. Curso de Pós Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 1977.

Classificação Energética de Janelas Residenciais: Perspectivas para Climas Brasileiros

Energy Classification of Residential Windows: Perspectives for Brazilian Climates

Géssica Schmitz Forte
Fernando Simon Westphal

RESUMO

As janelas desempenham um importante papel na determinação das necessidades energéticas do edifício, uma vez que são pontos vulneráveis no sistema de energia devido às grandes diferenças entre seus valores de transmitância térmica comparado a outros componentes da envoltória. No entanto, o desempenho das janelas muitas vezes é associado apenas ao conforto térmico, negligenciando fatores importantes como clima, orientação solar e consumo de energia. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma classificação do desempenho energético de janelas destinadas às edificações residenciais em climas brasileiros. Foram selecionados 15 climas representativos para o Brasil e, aplicado a uma tipologia residencial de 50 m², quatro tipos de perfis de janelas e 14 tipos de vidro. O desempenho energético foi avaliado por meio de simulação computacional com uso do *EnergyPlus 9.6*. A partir dos resultados foram desenvolvidas duas equações por análise de regressão capazes de prever o consumo de energia para resfriamento e aquecimento. Para a classificação das janelas, os resultados foram analisados com base no percentual de redução de consumo energético em relação a um modelo de referência correspondente ao maior consumo. Os resultados foram normalizados para possibilitar a classificação dos cenários em uma mesma escala, com base na sua redução de consumo energético.

Palavras-chave: classificação de janelas; desempenho energético; simulação computacional.



ABSTRACT

Windows play an important role in determining the building's energy needs, since they are vulnerable points in the energy system due to the large differences between their thermal transmittance values compared to other components of the envelope. However, window performance is often associated only with thermal comfort, neglecting important factors such as climate, solar orientation and energy consumption. This work proposes the development of a classification of the energy performance of windows intended for residential buildings in Brazilian climates. 15 representative climates for Brazil were selected and, applied to a 50 m² residential typology, four types of window profiles and 14 types of glass. Energy performance were evaluated through computer simulation using EnergyPlus 9.6. Based on the results, two regression equations were developed capable of predicting cooling and heating energy consumption. To classify the windows, the results were analyzed based on the percentage of reduction in energy consumption in relation to a reference model corresponding to the highest consumption. The results were normalized to enable the classification of scenarios on the same scale, based on their reduction in energy consumption.

Keywords: window classification; energy performance; computer simulation.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor de edificações consome 50% da eletricidade do país. Apesar de um grande consumo, o índice per capita ainda é baixo, o que aponta para um cenário crescente no emprego energético até que níveis adequados de inclusão sejam alcançados. Nesse contexto, a eficiência energética no setor de edificações vem ganhando destaque como forma de atender ao consumo crescente, além de ser o segmento com maior potencial de eficiência (EPE, 2022).

O consumo energético das edificações está diretamente ligado ao desempenho térmico de seus envelopes. As esquadrias desempenham um papel crucial na determinação das necessidades energéticas do edifício, uma vez que são pontos vulneráveis no sistema de energia, devido às grandes diferenças entre seus valores de transmitância térmica comparado a outros componentes da envoltória (Sintef Building and Infrastructure, 2007; Appelfeld; Hansen; Svendsen, 2010).

As perdas térmicas através das janelas podem ter uma influência de 15% a 40% no consumo de energia de um edifício, variando de acordo com a tecnologia construtiva, orientação solar, dimensões e contexto climático (Capolla, 2013). Os perfis das esquadrias, que compreendem de 20% a 30% da área total das janelas (Elmahdy, 2006; Misiopcecki *et al.*, 2021), embora ocupem uma pequena parcela da superfície da edificação, podem resultar em uma influência significativa nas perdas de calor, dependendo das suas propriedades de isolamento e transmitância térmica (Appelfeld; Hansen; Svendsen, 2010; Zajas; Heiselberg, 2014).

O atual desejo de criar esquadrias com maior área envidraçada e perfis mais finos tem levado ao uso de materiais como alumínio e aço, que, por serem condutores de calor, reduzem ainda mais o desempenho térmico geral da esquadria (Misiopcecki *et al.*,

2021). Com isso, alguns estudos se concentraram em encontrar soluções para melhorar o desempenho térmico através de perfis mais eficientes e materiais isolantes de melhor qualidade, a fim de reduzir as trocas de calor.

Um estudo realizado no Japão em 2022, obteve valores de transmitância térmica para perfis de PVC, compósito (alumínio + PVC) e alumínio e, avaliou o impacto desses perfis no consumo anual de energia em edificações residenciais. Os valores U obtidos para os perfis foram 1,88 W/ (m² K), 5,32 W/ (m² K) e 8,78 W/ (m² K), respectivamente. Quando comparado o consumo de energia entre o uso de perfil de alumínio e o perfil composto de alumínio + PVC, observou-se uma redução média no consumo anual de 0,75%. Já a troca do material do perfil de alumínio para PVC resultou em uma diminuição média no consumo anual de energia de 2,62%, dependendo do clima analisado (Choi; Ozaki; Lee, 2022).

Apesar de estudos relativamente recentes e o estabelecimento de novos programas de etiquetagem direcionados à melhoria do desempenho térmico dos edifícios, a atenção está voltada principalmente para o isolamento de paredes e vidros, negligenciando o efeito dos perfis e das esquadrias como um todo nas cargas térmicas das construções (Gastines; Correa; Pattini, 2019).

Um estudo realizado por Meier *et al.* (2002) propõe três critérios para avaliar o desempenho de edificações. Inicialmente destaca-se a importância de incorporar equipamentos e materiais eficientes, com boa classificação energética e que estejam em conformidade com as condições ambientais locais. Em seguida é ressaltada a necessidade de proporcionar conforto aos usuários dentro da edificação. E, por fim, é enfatizada a importância de reduzir o consumo de energia em comparação com edificações semelhantes. Portanto, é fundamental que a etiqueta de classificação das esquadrias considere não apenas o conforto térmico, mas também o desempenho energético, a fim de fornecer informações abrangentes e relevantes para a tomada de decisões tanto na fase de projeto quanto na escolha dos produtos pelos consumidores.

Na União Europeia, estima-se que a implementação de esquadrias certificadas possa resultar em economia de até 285 euros por ano nas contas domésticas de energia (European Commission, 2023). Nos Estados Unidos, as janelas eficientes podem gerar uma economia anual de até 31% em comparação com janelas de vidro simples, dependendo do clima. A instalação de janelas, portas e claraboias com certificação Energy Star pode reduzir, em média, o consumo de energia de um edifício em 12%, em comparação com produtos não certificados (Energy Star, 2023). Na União Europeia, as economias de consumo de energia podem chegar a 55% quando uma janela certificada, instalada em um ambiente climatizado, é comparada a uma janela de vidro simples classificada com o nível F (CLASSE+, 2022).

A certificação de esquadrias precede sua fabricação, sendo um processo que visa assegurar que os elementos atendam aos requisitos estabelecidos em normas e regulamento técnicos, nacionais ou internacionais. É um processo comparativo de desempenho energético que estabelece uma classificação e permite aos consumidores avaliar a eficiência energética relativa de uma esquadria com base em índices. O esquema de classificação energética é desenvolvido de forma a ser um instrumento fácil de manusear, permitindo quantificar os benefícios energéticos e econômicos do desempenho dos edifícios com base

nas propriedades termo físicas de uma janela específica, levando em consideração os componentes do vidro e do perfil (A Maccari; Zinzi, 2001). O propósito dessa regulamentação consiste em reduzir o consumo de energia nas edificações, oferecendo diretrizes claras e mecanismos legais para auxiliar na formulação de projetos eficientes.

No Brasil, as esquadrias devem ser avaliadas e aprovadas conforme a norma técnica ABNT NBR 10821:2017 e pelos critérios de certificação estabelecidos pelo OCP (Organismo de Certificação de Produtos) acreditado pelo INMETRO. De acordo com a NBR, é obrigatória apenas a avaliação do desempenho acústico, enquanto os requisitos de desempenho térmico, iluminação natural e funcionalidade são apresentados como recomendações. Além disso, a NBR negligencia a variedade climática encontrada no Brasil e a influência desse fator no desempenho energético das esquadrias, dividindo o país em apenas três regiões principais.

Diante do cenário apresentado, este estudo busca, a partir de resultados obtidos por simulação computacional, desenvolver um processo claro e acessível para classificar janelas com base no desempenho energético, quando instaladas em residências situadas em diferentes climas do Brasil. O propósito é promover a redução do consumo de energia nas habitações, fornecendo diretrizes e mecanismos legais para auxiliar na elaboração de projetos eficientes e facilitar aos consumidores finais a comparação e seleção do produto mais adequado.

MÉTODO

Com o propósito de avaliar o desempenho energético das esquadrias em edificações residenciais, optou-se por utilizar simulações computacionais, empregando o software EnergyPlus 9.6 (EnergyPlus, 2023). Foram realizadas simulações paramétricas, uma técnica utilizada para analisar o comportamento de um sistema - nesse caso o consumo energético provocado pelas janelas - sob diferentes condições. Nessa abordagem, um ou mais parâmetros do sistema são variados, enquanto outros são mantidos constantes, com o intuito de avaliar o impacto dessas mudanças nos resultados. Os parâmetros variáveis são os componentes das janelas – seus perfis e vidro – e o clima.

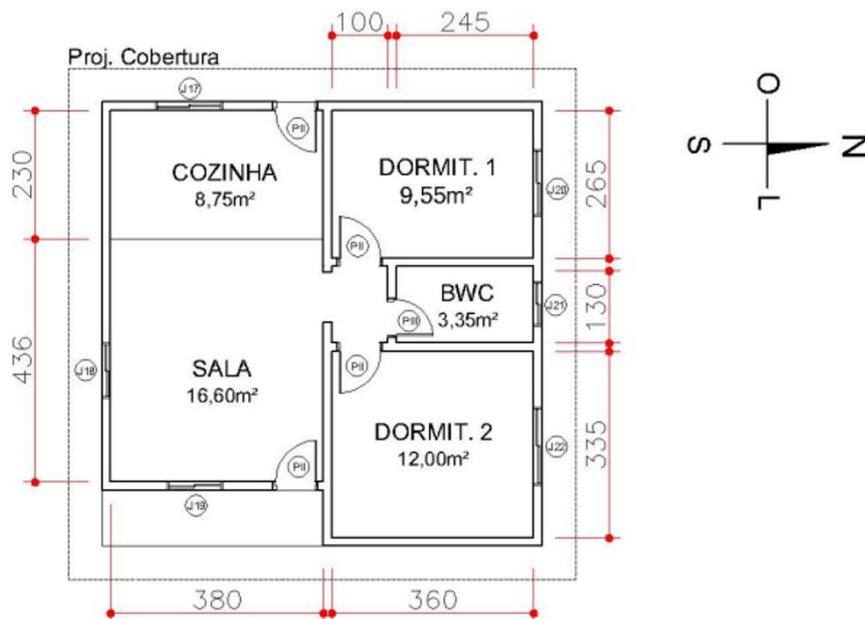
Arquivos Climáticos

Diante da variedade climática encontrada no Brasil, considerou-se importante a seleção de cidades representativas para os climas mais abrangentes no país. Como referência, adotou-se o zoneamento bioclimático da ABNT NBR 15220-3:2005, que divide o território em oito zonas relativamente homogêneas. As cidades representativas dos climas brasileiros foram selecionadas com base em sua localização geográfica, zona bioclimática pertencente e disponibilidade de arquivo climático (SWERA e INMET) para simulação. São elas: Curitiba/PR, Santa Maria/RS, Florianópolis/SC, Porto Alegre/RS, São Paulo/SP, Brasília/DF, Campo Grande/MS, Cuiabá/MT, Belém/PA, Boa Vista/RR, Manaus/AM, Recife/PE, Rio de Janeiro/RJ, Salvador/BA, São Luís/MA.

Modelo Computacional

A geometria do modelo adotado foi baseada em um levantamento de domicílios comuns no Brasil (Arndt, 2021). A tipologia escolhida é uma residência unifamiliar de 50 m², composta por dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro, organizados em um único pavimento, conforme Figura 1. A construção é caracterizada por piso de laje de concreto com 20 cm de espessura e paredes de tijolos de seis furos, revestidas com reboco em ambos os lados e pintadas com cores claras. As telhas são de cerâmica em tons claros e possuem inclinação de 30%. O forro é de madeira com 0,5 cm de espessura, enquanto as portas têm 3,5 cm de espessura. O pé-direito é de 3 m. Entre o forro e o telhado há um ático, uma área sem geração de carga térmica interna e sem ocupação, ventilada através dos vãos na estrutura do telhado. Foi adicionado um beiral de 60 cm em todo o perímetro da edificação. Após uma análise detalhada dos códigos de obras de diversas cidades brasileiras, adotou-se uma proporção de 14% de área de abertura em relação à área de piso, apresentadas na Tabela 1.

Figura 1 - Planta baixa da tipologia adotada.



Fonte: Arndt, 2021.

Tabela 1 - Áreas e dimensões das janelas e área de piso dos ambientes.

Tipologia – 50 m ²					
Janela	Cômodo	Área (m ²)	Largura (m)	Altura (m)	Área de piso (m ²)
J17	Cozinha	1,32	1,10	1,20	8,75
J18	Sala	1,20	1,00	1,20	16,60
J19	Sala	1,20	1,00	1,20	
J20	Dormitório 1	1,44	1,20	1,20	9,55
J21	BWC	0,48	0,80	0,60	3,35
J22	Dormitório 2	1,68	1,40	1,20	12,00

Fonte: adaptado de Arndt, 2021.

Para as cargas térmicas internas foi considerada taxa metabólica para ocupação de três pessoas em atividade de repouso e uso de equipamentos elétricos, que incluem

iluminação de 12W em cada ambiente, equipamento de televisão na sala e refrigerador na cozinha. Considerou-se o uso de ar-condicionado nos dormitórios e sala.

A configuração das janelas no modelo foi variada de acordo com as Tabelas 2 e 3, para incluir quatro diferentes tipos de perfis e 14 tipos de vidro, tanto em configurações simples quanto insuladas, totalizando 28 combinações de vidros.

Tabela 2 - Características dos perfis das janelas utilizados nas simulações paramétricas.

Material	Altura (mm)	U (W/m ² .K)	Absortância
Alumínio	58	5,7	0,3
			0,6
			0,9
Alumínio	72	5,7	0,3
			0,6
			0,9
PVC	72	1,7	0,3
			0,6
			0,9
PVC	116	1,7	0,3
			0,6
			0,9

Fonte: elaborados pelos autores.

Tabela 3 - Características dos vidros das janelas utilizados nas simulações paramétricas.

Vidro	Composição	U (W/m ² . K)	FS
AG 43 clear	Simples	5,63	0,35
	Insulado	2,66	0,29
Cinza	Simples	5,80	0,61
	Insulado	2,67	0,49
Clear	Simples	5,80	0,87
	Insulado	2,69	0,75
Cool-lite 114 pn	Simples	5,70	0,27
	Insulado	2,66	0,21
Cool-lite skn 154	Simples	3,14	0,29
	Insulado	1,59	0,25
Cool-lite skn 165	Simples	3,22	0,35
	Insulado	1,64	0,31
Cool-lite skn 174	Simples	3,22	0,43
	Insulado	1,64	0,38
Cool-lite st 136	Simples	5,57	0,46
	Insulado	2,61	0,36
Light Blue 52 clear	Simples	5,56	0,57
	Insulado	2,63	0,49
Neutral 14 clear	Simples	4,24	0,22
	Insulado	2,14	0,18
Neutral 70 clear	Simples	5,63	0,60
	Insulado	2,66	0,51
Np 50 clear	Simples	5,63	0,39
	Insulado	2,66	0,33
Silver 20 clear	Simples	4,88	0,28
	Insulado	2,39	0,24

Vidro	Composição	U (W/m ² . K)	FS
Sn1 37 clear	Simples	5,63	0,25
	Insulado	2,66	0,21

Fonte: elaborados pelos autores.

Avaliação dos Resultados

A partir dos resultados obtidos nas simulações, realizaram-se análises de regressão multivariadas com o intuito de viabilizar a avaliação do consumo de energia para diferentes composições de janelas, além das avaliadas neste estudo, e para uma variedade de climas. O resultado dessas análises são duas equações que preveem o consumo de energia: uma para resfriamento e outra para aquecimento. Para validar essas equações, compararam-se seus resultados com os obtidos por meio das simulações computacionais.

Em seguida, conduziu-se um estudo para classificar as janelas com base no percentual de economia de energia em comparação com o modelo de referência, que representa o maior consumo energético. O estudo começou com a identificação das combinações de parâmetros que resultaram no maior consumo de energia para resfriamento e aquecimento em cada clima. Em seguida, aplicou-se a Equação 1 para encontrar o percentual de economia de energia para cada cenário simulado.

$$P = \left[1 - \frac{Ja}{Jr} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

P = percentual de economia de energia em relação ao modelo de referência [%];

Ja = consumo anual de energia com a janela analisada [kWh];

Jr = consumo anual de energia com a janela de referência [kWh].

Diante da similaridade nos padrões observados em diferentes climas, embora com variações significativas nas ordens de grandeza e nas reduções de consumo, optou-se por normalizar os dados de redução de consumo, permitindo uma comparação e classificação dentro de uma mesma escala. Assim, a maior redução no consumo de energia em cada cidade em relação ao modelo de referência foi definida como uma economia de 100%, e as demais reduções foram calculadas de forma proporcional a esse valor máximo, utilizando a Equação 2.

$$N = (P \cdot 100) / M \quad (2)$$

Onde:

N = percentual de economia de energia normalizado em relação ao consumo do modelo de referência [%];

P = percentual de economia de energia em relação ao modelo de referência [%];

M = percentual da maior economia de energia de cada cidade em relação ao modelo de referência [%].

Com os resultados de economia de energia normalizados, foi adotada uma abordagem para classificação das janelas. Baseado na classificação utilizada na etiqueta europeia “classe+”, que categoriza as janelas de A+ (mais eficiente) a F (menos eficiente), desenvolveu-se um critério de classificação personalizado para este estudo. Esse critério abrange classes que variam de A+ (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Por fim, avaliou-se a influência de cada parâmetro sobre a classificação das janelas. Iniciando com o tipo de material do perfil e sua absorvância, seguido pelos tipos de vidro e suas composições (simples e insulado).

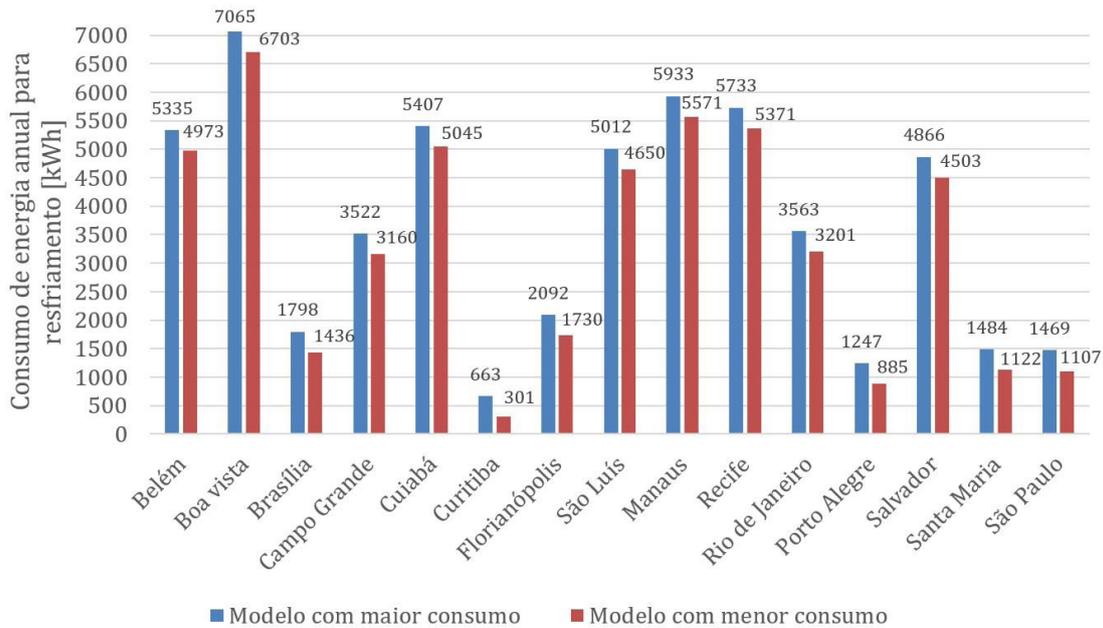
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados das Simulações paramétricas

Realizadas as simulações paramétricas das 336 composições de janelas para cada uma das 15 cidades avaliadas, obtiveram-se os consumos de energia e Boa Vista se destacou com o maior consumo anual para resfriamento, enquanto Curitiba apresentou o menor consumo. Apesar das diferenças de magnitude, os comportamentos são similares entre as cidades, variando apenas na ordem de grandeza de acordo com o clima local.

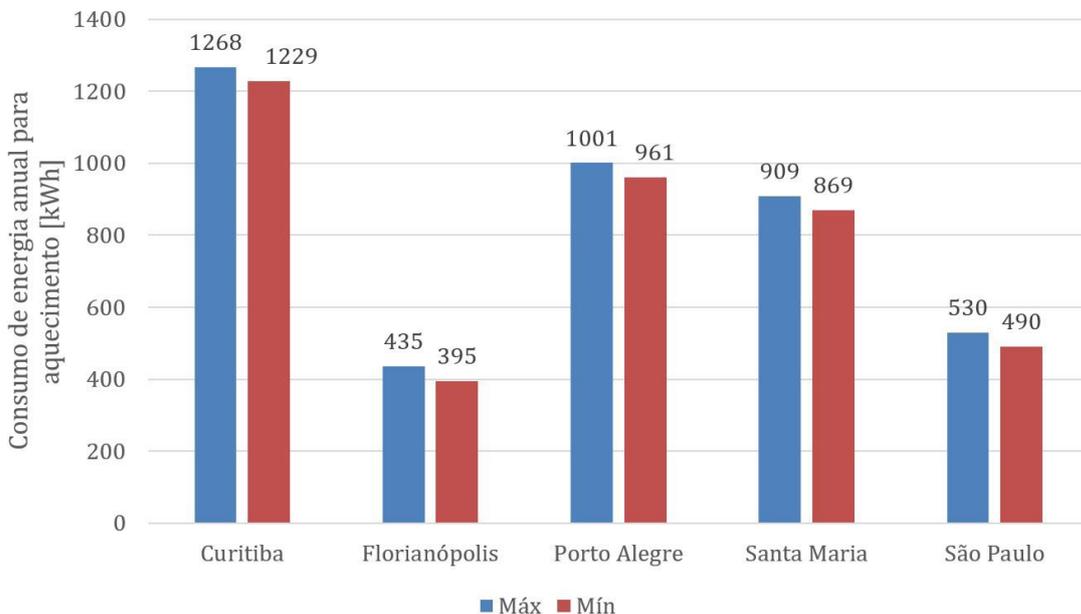
Na análise do consumo de energia para aquecimento destacam-se apenas as 5 cidades com valores mais significativos: Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre, Santa Maria e São Paulo. As demais cidades apresentaram um consumo anual máximo inferior a 100 kWh, não sendo considerado um valor significativo para a avaliação.

Os picos do consumo de resfriamento ocorrem com o uso do perfil de alumínio 58 mm e absorvância 0,3, em conjunto com o vidro comum “clear 3 mm” (FS = 0,87). Por outro lado, os pontos mais baixos são sempre registrados quando se utiliza o perfil de PVC 116 mm e absorvância 0,9, combinado com o vidro insulado “neutral 14 clear” (FS = 0,22). Com base nisso, elaborou-se o gráfico da Figura 2, que destaca a relevância do clima no consumo energético associado às janelas. Isso é evidenciado pela diferença de consumo entre as cidades de Boa Vista e Curitiba, que chega a 6.400 kWh para a mesma composição de janela. Além disso, o gráfico destaca as diferenças de consumo entre as composições de janelas mais e menos eficientes, que neste caso ultrapassam 360 kWh em todas as cidades analisadas.

Figura 2 - Consumo energético anual para resfriamento máximo e mínimo de cada cidade.

Fonte: elaborado pelos autores.

O desempenho para aquecimento revelou uma dinâmica distinta entre as cidades. Embora os maiores consumos tenham sido registrados com o uso de vidro comum e os menores com vidro insulado, os resultados dos perfis não foram coincidentes para as cinco cidades. Por exemplo, em Curitiba, o consumo máximo ocorreu igualmente com uso dos perfis de alumínio 58 mm e 72 mm e PVC 116 mm, enquanto nas outras cidades o consumo máximo foi observado com o perfil de alumínio 72 mm. Uma análise numérica revela uma diferença muito pequena entre os consumos para as diferentes composições de janelas, explicando essas divergências. As diferenças entre o consumo anual máximo e mínimo foram de apenas 40 kWh, conforme representado na Figura 3, um valor bastante reduzido considerando o período de um ano.

Figura 3 - Consumo energético anual para aquecimento máximo e mínimo de cada cidade.

Fonte: elaborado pelos autores.

Desenvolvimento das Equações

Com o objetivo de simplificar e viabilizar a análise do consumo de energia de janelas com diferentes composições sem a necessidade de simulação computacional, desenvolveu-se uma equação utilizando o método dos mínimos quadrados com o auxílio do Microsoft Excel. A equação foi elaborada a partir da função PROJ.LIN, que calcula uma linha reta que melhor se ajuste aos dados solicitados - nesse caso, os resultados de consumo energético - e retorna uma matriz de coeficientes lineares que descreve essa linha, representados por $m1$ a mn na Equação 3.

$$y = m1.x1 + m2.x2 + \dots + mn.xn + c \quad (3)$$

Na aplicação deste estudo, a variável “y” corresponde ao consumo anual de energia para resfriamento e aquecimento em kWh. Os coeficientes “m” representam os valores associados a cada variável “x”, enquanto “c” é uma constante. As variáveis “x” referem-se às propriedades do vidro, como transmitância térmica e fator solar, bem como às propriedades do perfil, incluindo transmitância térmica, absorvância e altura do perfil, além de dados climáticos, como temperatura média e seu desvio-padrão, graus-hora de resfriamento e de aquecimento e radiação solar. Dessa forma, obtiveram-se as seguintes equações para estimativa do consumo energético para resfriamento (C_r) e aquecimento (C_a):

$$C_r = 14,20.U_{vidro} + 415,0.FS + 0,2530.U_{perfil} - 0,3626.h_{perfil} + 374,0.T_{med} \quad (4)$$

$$-227,6.d + 0,06796.gh - 3,488.Rad_{global} + 1,054.Rad_{direta} + 1,770.Rad_{difusa} \\ -2,869.abs - 2,442$$

$$C_a = 2,800.U_{vidro} - 56,60.FS + 0,7677.U_{perfil} + 0,0512.h_{perfil} + 79,50.T_{med} + \quad (5)$$

$$19,60.d + 0,0491.gh - 0,3560.Rad_{global} - 0,2730.Rad_{direta} - 1,214.Rad_{difusa} \\ +0,4590.abs - 65$$

Onde:

C_r : consumo energético anual para resfriamento [kWh];

C_a : consumo energético anual para aquecimento [kWh];

U_{vidro} : transmitância térmica do vidro [$W/m^2.K$];

FS : fator solar do vidro;

U_{perfil} : transmitância térmica do perfil [$W/m^2.K$];

h_{perfil} : altura do perfil [mm];

T_{med} : temperatura média [$^{\circ}C$];

d : desvio-padrão da temperatura média [$^{\circ}C$];

gh : graus-hora de resfriamento/aquecimento [$^{\circ}C.h$];

Rad_{global} : radiação solar global [kWh/m²];

Rad_{direta} : radiação solar direta [kWh/m²];

Rad_{difusa} : radiação solar difusa [kWh/m²];

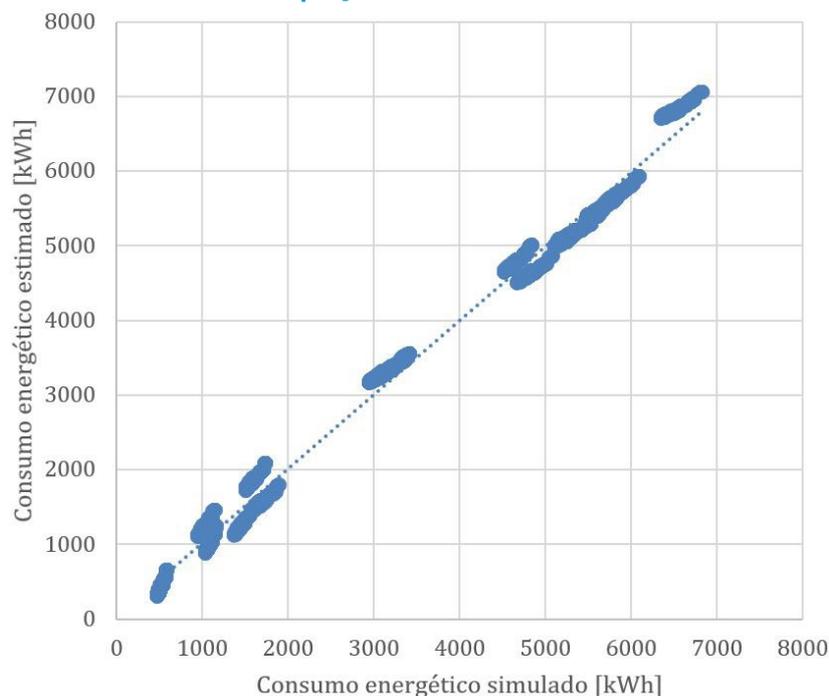
abs : absorptância

Para validar as equações, empregou-se o coeficiente de determinação “ r^2 ”, que avalia a semelhança entre a variação de consumo de energia estimados pela equação e aqueles derivados das simulações computacionais. Este coeficiente varia de 0 a 1, onde 1 indica uma correlação perfeita, significando que não há divergência entre a tendência de variação dos resultados da equação e os da simulação. Por outro lado, um coeficiente de determinação 0 indica que a equação de regressão não é capaz de prever com precisão a variação do consumo energético anual em função dos parâmetros adotados.

Na Equação 4, obteve-se um valor de r^2 igual a 0,992, indicando que 99% da variabilidade em y é representada pela variabilidade dos parâmetros independentes (variáveis x), que representa um resultado altamente satisfatório. Quanto à Equação 5, que avalia o consumo para aquecimento, o valor de r^2 foi ligeiramente menor, atingindo 0,978, ainda assim, demonstrando uma boa correspondência entre a variação dos resultados por simulação e os estimados pela equação.

No gráfico da figura 4 é possível visualizar a comparação entre o consumo simulado e o consumo estimado pela Equação 4. A linha pontilhada representa a tendência linear, ou seja, o padrão gráfico que seria obtido se os resultados simulados e estimados coincidissem em todos os casos. Embora em algumas situações o gráfico apareça acima ou abaixo da linha de tendência, a equação consegue representar 99% da variação que ocorre no consumo em função dos dados de entrada.

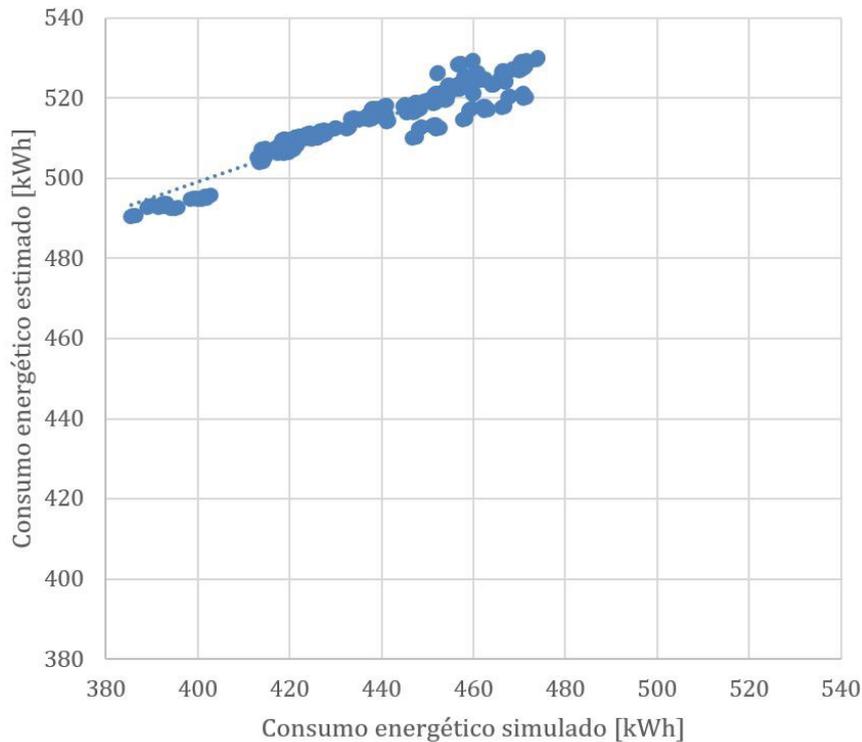
Figura 4 - Comparativo entre o consumo energético anual de resfriamento estimado pela equação 4 e simulado.



Fonte: elaborado pelos autores.

A mesma representação foi feita para o consumo anual de aquecimento simulado e estimado pela Equação 5, apresentada na figura 5. Conforme mencionado anteriormente, a equação de aquecimento demonstrou uma correspondência inferior com os valores simulados em comparação ao resfriamento, o que pode ser observado pela quantidade de pontos que se encontram fora da linha de tendência.

Figura 5 - Comparativo entre o consumo energético anual de aquecimento estimado pela equação 5 e por simulação.



Fonte: elaborado pelos autores.

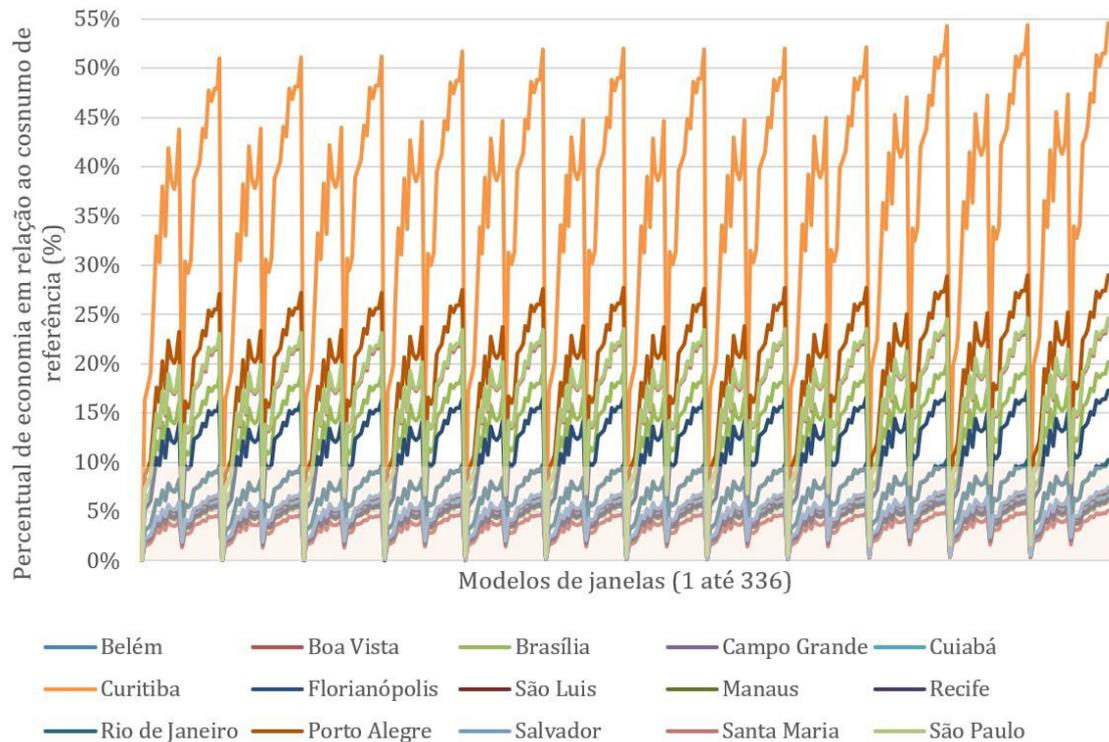
Classificação das Janelas

O estudo de classificação das janelas iniciou pela definição do modelo com maior consumo de energia para cada uma das cidades. Em relação ao consumo para resfriamento, a combinação desses parâmetros envolveu o perfil de alumínio com altura de 58 mm e absorvância de 0,3, e vidro simples “clear 3mm” (FS = 0,87). Os casos de aquecimento obtiveram como resultado de maior consumo a combinação com perfil de alumínio 72 mm e absorvância de 0,9, e vidro simples “SNL 37 clear” (FS = 0,26). Considerando o consumo do modelo de referência como máximo, equivalente a 100%, foram calculados os percentuais de economia de energia para resfriamento e aquecimento em relação a esse modelo para cada uma das combinações simuladas, utilizando a Equação 1.

Conforme apresentado na Figura 6, observa-se uma discrepância na economia de energia para resfriamento entre os diferentes climas. Em climas mais frios, como exemplificado pela cidade de Curitiba, as variações são maiores conforme destacado em azul, alcançando picos de economia de até 55%. Isso ocorre com a combinação de perfil de PVC de 116 mm e absorvância de 0,9 e vidro insulado composto pela especificação “Neutral 14 clear” (FS = 0,22). Ao contrário do esperado, em climas mais quentes, como destacado em laranja, as variações de consumo em função do tipo de janela são menores. Isso se

explica pelo fato de que as temperaturas externas predominantemente altas exercem maior influência sobre o consumo de energia do ar-condicionado. Além disso, o consumo de referência nessas regiões é mais elevado, resultando em valores percentuais de economia mais baixos. Por exemplo, a cidade de Boa Vista, que possui um consumo de referência mais de dez vezes maior que o de Curitiba, registra apenas 5% de economia com a mesma configuração de janela mencionada anteriormente.

Figura 6 - Percentual de economia de energia para resfriamento de todas as combinações para cada uma das 15 cidades em relação ao consumo padrão.



Fonte: elaborado pelos autores.

A redução no consumo de aquecimento obteve valores inferiores aos encontrados nos casos de resfriamento. A maior redução, de apenas 9%, foi registrada na cidade de Florianópolis com uso do vidro “clear 3 mm” (FS = 0,87). Entre as cinco cidades avaliadas em termos de consumo de aquecimento, Florianópolis apresenta invernos menos rigorosos, com temperaturas externas mais altas. Essa condição, combinada ao vidro “clear 3mm”, que possui maior fator solar entre os vidros avaliados, permite que uma maior quantidade de radiação solar penetre no ambiente, reduzindo assim a necessidade de aquecimento artificial.

Observou-se que os resultados percentuais de economia de energia para resfriamento para as cidades de Belém e Cuiabá, Campo Grande e Rio de Janeiro, Manaus e Recife, Salvador e São Luís, Santa Maria e São Paulo poderiam ser equiparados entre si. Diante desse comportamento equivalente entre as cidades, procedeu-se com a classificação considerando apenas 10 cidades, retirando Belém, Campo Grande, Manaus, São Luís e Santa Maria.

Considerando a recente reformulação da etiqueta de esquadrias da União Europeia em 2021, realizada com o intuito de simplificá-la, facilitando o entendimento do consumidor, e adequá-la ao aumento da produção de esquadrias mais eficientes, adotou-se como

referência a classificação da etiqueta europeia “classe +”. Essa classificação categoriza as janelas de acordo com a redução no consumo de energia em comparação a uma janela comum, de nível F. As classes variam de A+ (mais eficiente) a F (menos eficiente), com intervalos regulares de 10% entre cada classe, exceto entre as classes A e A+ que apresentam uma variação de apenas 5%.

Após a normalização dos dados obtidos com a simulação paramétrica, observou-se a ausência de resultados no intervalo de redução de consumo de energia entre 8% e 24%. Diante desse cenário, optou-se por reduzir uma classe, categorizando as janelas nos níveis A+ (mais eficiente) e (menos eficiente), seguindo intervalos regulares de 15% entre as classes, à exceção das classes A e A+. Considera-se que uma economia de energia superior a 60% já pode ser classificada como classe A de desempenho, enquanto economias superiores a 75% são dignas de uma classificação mais elevada, optando-se pela designação A+. Desta forma, os intervalos de classificação são: inferiores a 15% para a classe E, entre 16% e 30% para a classe D, entre 31% e 45% para a classe C, entre 46% e 60% para a classe B, entre 61% e 75% para a classe A e entre 76% e 100% para a classe A+ (tabela 4).

Tabela 4 - Classificação das janelas em relação a redução do consumo de energia.

CLASSE	ECONOMIA DE ENERGIA NORMALIZADA (economia da janela em relação à máxima possível)
A+	76% - 100%
A	61% - 75%
B	46% - 60%
C	31% - 45%
D	16% - 30%
E	0% - 15%

Fonte: elaborado pelos autores.

No que diz respeito ao consumo de resfriamento, a maioria das janelas (42%) foi classificada com A+. Salvador foi a cidade com maior número de janelas com essa classificação. Esse resultado sugere que a normalização da redução do consumo de energia pode não ser o método mais eficaz para equalizar os resultados. Isso se deve ao fato de que, ao analisar os dados absolutos de redução de consumo, Salvador atinge sua máxima em apenas 7% de redução. Por outro lado, as classes com menor incidência foram D e E, que juntas somam apenas 7% do total.

No consumo de aquecimento, as categorias de maior incidência foram B, C e D, registrando respectivamente 21%, 23% e 25% do total de casos simulados. Por outro lado, as classificações A e A+ apresentaram as menores incidências, com apenas 6% e 7% de redução de consumo, respectivamente. Esses resultados indicam a necessidade de simulação de outras composições de esquadrias e vidros para representar maior variabilidade de produtos e estratégias para redução de consumo com aquecimento.

Arndt (2021) demonstrou que a maior influência no desempenho térmico das janelas é provocada pelo tipo de vidro, ou seja, o fator solar tem efeito preponderante sobre as trocas de calor através das janelas.

Na presente pesquisa, procurou-se aprofundar na análise da influência da composição de vidro (simples versus insulado) e da configuração do perfil da esquadria sobre o desempenho da janela. Todas as composições de janela com vidro simples “clear 3mm” (FS = 0,87) obtiveram classificação E. No entanto, ao adicionar uma camada de ar e outro vidro simples, para formar um vidro insulado, as classificações melhoraram para D ou C nos casos com perfil de PVC de 116 mm (Tabela 5). Ao analisar o desempenho de cada especificação de vidro separadamente, observa-se que, de maneira geral, a diferença de desempenho entre o vidro simples e o vidro insulado foi de uma classe. Em outras palavras, quando o vidro simples recebeu uma classificação B, por exemplo com uso do vidro “cool lite st 136 6 mm” (FS = 0,46), o mesmo vidro com a composição insulada foi classificado como A ou A+ (Tabela 6). Essa tendência manteve-se consistente, exceto para o vidro “cool lite skn 154 6mm” (FS = 0,29), que recebeu classificação A+ na maioria dos casos, com exceção de Cuiabá, onde obteve classe A em alguns casos com vidro comum. E o vidro “neutral 14 clear” (FS = 0,22) que foi classificado com a classe A+ em todos os casos.

Tabela 5 - Percentual de economia de energia para resfriamento e classificação do vidro “clear 3mm”.

Perfil	Abs	Comp.	Boa Vista	Brasília	Cuiabá	Curitiba	Fpolis	Recife	RJ	Porto Alegre	Salvador	SP	Classe
AI58	0,3	VIDRO SIMPLES	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	E
AI58	0,6		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
AI58	0,9		1%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	
AI72	0,3		2%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%	2%	1%	
AI72	0,6		2%	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	
AI72	0,9		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	
PVC72	0,3		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	
PVC72	0,6		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	
PVC72	0,9		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	
PVC116	0,3		6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	7%	6%	
PVC116	0,6		7%	6%	6%	6%	7%	7%	7%	6%	7%	6%	
PVC116	0,9		7%	7%	6%	6%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	
AI58	0,3	VIDRO INSULADO	27%	26%	25%	26%	27%	27%	26%	26%	28%	26%	D
AI58	0,6		27%	26%	25%	26%	27%	27%	27%	26%	28%	26%	
AI58	0,9		27%	27%	25%	26%	27%	28%	27%	26%	28%	26%	
AI72	0,3		28%	27%	26%	27%	28%	29%	28%	27%	29%	27%	
AI72	0,6		28%	28%	26%	27%	28%	29%	28%	28%	29%	27%	
AI72	0,9		29%	28%	27%	27%	28%	29%	28%	28%	30%	28%	
PVC72	0,3		28%	28%	27%	27%	28%	29%	28%	28%	29%	27%	
PVC72	0,6		29%	28%	27%	28%	28%	29%	28%	28%	30%	28%	
PVC72	0,9		29%	28%	27%	28%	29%	29%	29%	28%	30%	28%	
PVC116	0,3		33%	32%	31%	32%	33%	34%	33%	32%	34%	32%	
PVC116	0,6		33%	32%	31%	32%	33%	34%	33%	32%	34%	32%	
PVC116	0,9		33%	33%	31%	32%	33%	34%	33%	32%	35%	32%	

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 6 - Percentual de economia de energia para resfriamento e classificação do vidro “cool lite st 136 6mm”.

Perfil	Abs	Comp.	Boa Vista	Brasília	Cuiabá	Curitiba	Fpolis	Recife	RJ	Porto Alegre	Salvador	SP	Classe
AI58	0,3		49%	48%	46%	47%	49%	50%	48%	48%	51%	47%	
AI58	0,6		49%	48%	46%	47%	49%	50%	49%	48%	51%	47%	
AI58	0,9		49%	48%	46%	48%	49%	51%	49%	48%	51%	48%	
AI72	0,3	VIDRO SIMPLES	50%	49%	47%	49%	50%	52%	50%	49%	52%	48%	
AI72	0,6		51%	50%	47%	49%	50%	52%	50%	49%	53%	49%	
AI72	0,9		51%	50%	47%	49%	51%	52%	50%	50%	53%	49%	
PVC72	0,3		51%	50%	47%	49%	50%	52%	50%	49%	53%	49%	B
PVC72	0,6		51%	50%	48%	49%	51%	52%	50%	50%	53%	49%	
PVC72	0,9		51%	50%	48%	49%	51%	52%	51%	50%	53%	49%	
PVC116	0,3		55%	54%	52%	53%	55%	56%	55%	54%	57%	53%	
PVC116	0,6		55%	54%	52%	53%	55%	57%	55%	54%	58%	53%	
PVC116	0,9		56%	55%	52%	54%	55%	57%	55%	54%	58%	54%	
AI58	0,3		73%	71%	68%	70%	72%	75%	72%	71%	76%	70%	
AI58	0,6		73%	72%	68%	71%	73%	75%	72%	71%	76%	70%	
AI58	0,9		73%	72%	68%	71%	73%	75%	73%	71%	76%	71%	
AI72	0,3	VIDRO INSULADO	74%	73%	69%	72%	74%	76%	73%	72%	77%	71%	
AI72	0,6		75%	73%	70%	72%	74%	76%	74%	73%	77%	72%	A
AI72	0,9		75%	73%	70%	72%	74%	77%	74%	73%	78%	72%	
PVC72	0,3		75%	73%	70%	72%	74%	76%	74%	73%	77%	72%	
PVC72	0,6		75%	73%	70%	72%	74%	77%	74%	73%	78%	72%	
PVC72	0,9		75%	74%	70%	72%	75%	77%	74%	73%	78%	72%	
PVC116	0,3		79%	78%	74%	76%	79%	81%	78%	77%	82%	76%	
PVC116	0,6		79%	78%	74%	77%	79%	81%	78%	77%	82%	76%	A+
PVC116	0,9		80%	78%	74%	77%	79%	81%	79%	78%	83%	77%	

Fonte: elaborado pelos autores.

Na redução do consumo para aquecimento, conforme mencionado anteriormente, as classificações apresentaram comportamentos distintos em relação aos casos de resfriamento. Todas as composições de janelas com vidro simples “clear 3mm” (FS = 0,87) obtiveram classificação A+ nas cinco cidades avaliadas. Isso indica que a maior exposição à radiação solar através dos vidros pode ser benéfica nesses casos. No entanto, de acordo com os resultados para o consumo de resfriamento nessas mesmas cidades, esse fator resultaria em um maior consumo de energia. Portanto, é importante obter duas classificações para uma mesma composição de janelas, uma para resfriamento e outra para aquecimento. Isso permitirá que o consumidor final compare e avalie suas necessidades de acordo com o clima onde a janela será instalada.

Assim como nos casos de resfriamento, na categoria de aquecimento, a substituição de vidros simples por vidros insulados resulta na elevação da classificação em uma classe. Na Tabela 7, são apresentados os valores de redução de consumo e classificação do vidro “cool lite 114 pn” (FS = 0,27 na composição simples e FS = 0,21 na composição insulada), que recebe classificação E para a composição de vidro simples. Quando alterado para vidro insulado, essa mesma composição recebe classificação D na maioria dos casos. O mesmo padrão pode ser observado para o vidro “np 50 clear” (FS = 0,39 na composição simples e FS = 0,33 na composição insulada), conforme representado na Tabela 8. Esses resultados destacam a eficiência da câmara de ar presente nos vidros insulados na redução da troca de calor entre os ambientes interno e externo, proporcionando um maior conforto térmico.

Tabela 7 - Percentual de economia de energia para aquecimento e classificação do vidro "cool lite 114 pn".

Perfil	Abs	Comp.	Curitiba	Florianópolis	Porto Alegre	Santa Maria	São Paulo	Classe
AI58	0,3	VIDRO SIMPLES	3%	4%	5%	5%	5%	E
AI58	0,6		3%	4%	5%	4%	4%	
AI58	0,9		2%	4%	4%	4%	4%	
AI72	0,3		1%	3%	3%	3%	3%	
AI72	0,6		1%	2%	3%	2%	2%	
AI72	0,9		0%	2%	2%	2%	2%	
PVC72	0,3		9%	10%	11%	11%	11%	
PVC72	0,6		9%	10%	10%	11%	11%	
PVC72	0,9		8%	10%	10%	10%	10%	
PVC116	0,3		3%	5%	5%	5%	5%	
PVC116	0,6		3%	4%	5%	4%	4%	
PVC116	0,9		2%	4%	4%	4%	4%	
AI58	0,3	VIDRO INSULADO	16%	18%	18%	19%	18%	D
AI58	0,6		16%	17%	17%	18%	18%	
AI58	0,9		16%	17%	17%	18%	18%	
AI72	0,3		14%	16%	16%	17%	16%	
AI72	0,6		14%	15%	16%	16%	16%	
AI72	0,9		14%	15%	15%	16%	16%	
PVC72	0,3		23%	24%	24%	25%	25%	
PVC72	0,6		22%	23%	23%	25%	24%	
PVC72	0,9		22%	23%	23%	24%	24%	
PVC116	0,3		17%	18%	18%	19%	19%	
PVC116	0,6		16%	17%	18%	19%	18%	
PVC116	0,9		16%	17%	17%	18%	18%	

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 8 - Percentual de economia de energia para aquecimento e classificação do vidro "cool lite 114 pn".

Perfil	Abs	Comp.	Curitiba	Florianópolis	Porto Alegre	Santa Maria	São Paulo	Classe
AI58	0,3	VIDRO SIMPLES	21%	22%	22%	24%	23%	D
AI58	0,6		21%	22%	22%	23%	23%	
AI58	0,9		21%	22%	22%	23%	23%	
AI72	0,3		19%	21%	21%	22%	22%	
AI72	0,6		19%	20%	20%	21%	21%	
AI72	0,9		19%	20%	20%	21%	21%	
PVC72	0,3		27%	28%	28%	30%	30%	
PVC72	0,6		27%	28%	28%	30%	29%	
PVC72	0,9		27%	28%	28%	30%	29%	
PVC116	0,3		22%	23%	23%	24%	24%	
PVC116	0,6		21%	22%	22%	24%	23%	
PVC116	0,9		21%	22%	22%	23%	23%	

Perfil	Abs	Comp.	Curitiba	Florianópolis	Porto Alegre	Santa Maria	São Paulo	Classe	
AI58	0,3		34%	35%	35%	37%	37%		
AI58	0,6		34%	35%	34%	37%	36%		
AI58	0,9		33%	34%	34%	37%	36%		
AI72	0,3	VIDRO INSULADO	32%	33%	33%	35%	35%		
AI72	0,6		32%	33%	33%	35%	34%		
AI72	0,9		32%	32%	32%	35%	34%		
PVC72	0,3		40%	41%	41%	44%	43%	C	
PVC72	0,6		40%	41%	40%	43%	43%		
PVC72	0,9		40%	40%	40%	43%	42%		
PVC116	0,3			34%	35%	35%	38%	37%	
PVC116	0,6			34%	35%	35%	37%	37%	
PVC116	0,9			34%	34%	34%	37%	36%	

Fonte: elaborado pelos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma proposta de classificação do desempenho energético de janelas em climas brasileiros com base no consumo para resfriamento e aquecimento em uma habitação padrão.

Os consumos anuais de energia foram registrados e processados em planilhas e gráficos utilizando o Microsoft Excel. Essa abordagem permitiu uma análise minuciosa dos resultados, revelando tendências e identificando as principais variáveis que impactam o consumo de energia, e possibilitando a identificação dos parâmetros que poderiam ser analisados de forma integrada.

No consumo de energia para resfriamento, a diferença no consumo energético anual entre as janelas mais e menos eficientes ultrapassou 360 kWh em todos os climas analisados. Além disso, destaca-se a variação significativa de consumo entre os climas, sendo a maior diferença observada entre Boa Vista e Curitiba, onde o consumo em Curitiba foi cerca de 10 vezes menor do que em Boa Vista. Nos casos de aquecimento, apesar das pequenas diferenças nos consumos entre as diferentes composições de janelas para um mesmo clima, a variação de desempenho entre as cidades analisadas chegou até 834 kWh por ano entre Curitiba e Florianópolis.

Ao analisar individualmente a influência de cada fator no desempenho das configurações de janelas, observou-se que o fator de maior influência foi a composição do vidro. As janelas com vidro insulado apresentaram um consumo anual entre 39 e 94 kWh menor do que as compostas por vidro simples. Apesar da possibilidade levantada por Appelfeld, Hansen e Svendsen (2010) e Zajas e Heiselberg (2014) em que os perfis, por apresentarem uma transmitância maior do que outros componentes da envoltória, poderiam exercer uma influência considerável nas perdas de calor, constatou-se que sua maior influência foi em relação à altura do perfil, com até 16 kWh/ano.

As equações de regressão elaboradas para estimar os consumos energéticos anuais apresentaram alta precisão, com coeficientes de determinação (r^2) de 0,992 e 0,978, respectivamente. Esse nível de precisão indica uma forte correlação entre os dados simulados e os preditos pelas equações, validando assim sua aplicação prática.

Limitações e Sugestões para Pesquisas Futuras

Destacou-se a necessidade de que o projeto de uma janela bem-sucedida inclua especificações de desempenho mínimas e ótimas para cada uma de suas funções, que incluem a regulação da entrada de luz e ventilação natural, além do controle de ruído, contato visual e estanqueidade, importante para evitar infiltrações de ar indesejáveis. Sugere-se para futuras pesquisas a incorporação desses parâmetros, que são de relevante importância.

Para obter uma classificação mais justa, recomenda-se a inclusão no repertório de janelas a serem avaliadas não apenas aquelas comuns nas habitações brasileiras, mas também composições com tecnologias aprimoradas e menores valores de transmitância térmica, capazes de proporcionar economias mais significativas.

Ademais, as avaliações foram limitadas a uma tipologia residencial, com padrões de uso e ocupação, e cargas internas pré-definidos. Se almejar-se aplicar este processo a um padrão muito distinto do adotado aqui, é importante ressaltar que essas especificações podem exercer uma influência significativa sobre os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- A MACCARI,; ZINZI, M. **Simplified algorithms for the Italian energy rating scheme for fenestration in residential buildings**. Solar Energy, [S.L.], v. 69, p. 75-92, jul. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0038-092x\(01\)00045-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0038-092x(01)00045-7).
- APPELFELD, David; HANSEN, Christian S.; SVENDSEN, Svend. **Development of a slim window frame made of glass fibre reinforced polyester**. Energy And Buildings, [S.L.], v. 42, n. 10, p. 1918-1925, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.028>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-4**: Esquadrias para edificações Parte 4: Esquadrias externas - Requisitos adicionais de desempenho. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 18 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 1 ed. Rio de Janeiro: 2005. 36 p.
- CAPOLLA, Massimo. **La casa a consumo zero**: indicazioni e idee per progettare case a produzione energetica. Dogana (Repubblica di San Marino): Maggioli Editore, 2013. 314 p.
- CHOI, Younhee; OZAKI, Akihito; LEE, Haksung. **Impact of Window Frames on Annual Energy Consumption of Residential Buildings and Its Contribution to CO2 Emission Reductions at the City Scale**. Energies, [S.L.], v. 15, n. 10, p. 3692, 18 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en15103692>.
- CLASSE MAIS (Portugal). **Etiqueta CLASSE+**. Disponível em: <https://www.adene.pt/>. Acesso em: 07 maio 2023.

ELMAHDY, A. H. **Assessment of spacer bar design and frame material on the thermal performance of windows.** In: 2006 ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, -, 2006, Canadá. ASHRAE Transactions. Quebec: Ncr-Cnrc, 2006. p. 30-43.

ENERGYPLUS. **Downloads.** Disponível em: <https://energyplus.net/downloads>. Acesso em: 06 ago. 2023.

ENERGY STAR. **Benefits of energy star certified windows, doors, and skylights.** Disponível em: https://www.energystar.gov/products/res_windows_doors_skylights. Acesso em: 03 maio 2023.

ENERGY STAR. **What makes it ENERGY STAR?** Disponível em: https://www.energystar.gov/products/residential_windows_doors_and_skylights/key_product_criteria. Acesso em: 25 maio 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Boletim de Consumo de Eletricidade.** 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/dados-abertos>. Acesso em: 14 maio 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **The energy label and ecodesign.** Disponível em: https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/about_en#Energylabels. Acesso em: 25 abr. 2023.

GASTINES, Maureen de; CORREA, Érica; PATTINI, Andrea. **Heat transfer through window frames in EnergyPlus: model evaluation and improvement.** Advances In Building Energy Research, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 138-155, 02 jan. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17512549.2017.1421098>.

MISIOPECKI, Cezary et al. **Operating Hardware Impact on the Heat Transfer Properties of Windows.** Energies, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 1145, 21 fev. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en14041145>.

SINTEF BUILDING AND INFRASTRUCTURE. **State-of-the-Art Highly Insulating Window Frames:** research and market review. Noruega: 2007.

ZAJAS, Jan; HEISELBERG, Per. **Parametric study and multi objective optimization of window frame geometry.** Building Simulation, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 579-593, 30 abr. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12273-014-0186-3>.

Análise do Comportamento Estrutural de Viga Mista com Concreto Armado Convencional e Concreto Leve com EPS

Luiz Tomas Pazuch

Graduando, Universidade Dinâmica das Cataratas, Medianeira, Paraná

Eduardo Damin

Professor Me. e Orientador – Universidade Dinâmica das Cataratas, Medianeira, Paraná

RESUMO

De acordo com a ABNT NBR 6120:2019, o concreto armado tem peso específico de 25 kN/m^3 , tornando as estruturas mais pesadas e exigindo maior resistência para suportar tanto a carga aplicada quanto o peso próprio. O concreto leve com EPS foi desenvolvido para reduzir o peso aparente do concreto armado. No entanto, essa redução de concreto e a adição de um material com propriedades físicas insuficientes diminuem consideravelmente a resistência mecânica do concreto. Em virtude disso, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho mecânico de vigas de seção mista de concreto armado com concreto leve com EPS. Utilizando 3 tipos de seções mistas, foi observado o comportamento estrutural das vigas, dentro dos estádios 1 e 2 e domínios 2 e 3. Como a linha neutra se encontra aproximadamente no meio das vigas, é esperado que sua resistência não seja afetada por se utilizar um concreto com menor resistência.

Palavras-chave: resistência; construção civil; poliestireno expandido; concreto; estrutura.

ABSTRACT

According to ABNT NBR 6120:2019, reinforced concrete has a specific weight of 25 kN/m^3 , making structures heavier and requiring greater resistance to support both the applied load and its own weight. Lightweight concrete with EPS was developed to reduce the apparent weight of reinforced concrete. However, this reduction in concrete and the addition of a material with insufficient physical properties considerably reduces the concrete's mechanical strength. As a result, the aim of this study was to evaluate the mechanical performance of mixed reinforced concrete beams with lightweight EPS concrete. Using 3 types of mixed sections, the structural behavior of the beams was observed, within stages 1 and 2 and domains 2 and



3, positive in relation to resistance as a function of weight. As the neutral line is approximately in the middle of the beams, it is expected that their strength will not be affected by using a lower strength concrete.

Keywords: shear strength; civil construction; expanded polyethylene; concrete; structure.

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa traz uma análise de comportamento estrutural baseado em vigas de concreto misto. Dentro da construção civil, as vigas de concreto armado são frequentemente utilizadas em obras e estruturas. Devido a seu peso desses elementos estruturais, este estudo busca analisar a resistência de uma viga de seção mista, formada por concreto armado convencional e concreto leve com EPS.

Segundo a ABNT NBR 6120:2019, o concreto armado tem um peso específico de 25 kN/m³, fazendo com que estruturas formadas por esse material (por ter seções maiores que outros formatos estruturais) sejam mais pesadas, aumentando a necessidade de uma estrutura mais resistentes, não só para resistir ao peso que será aplicado sobre essas elas, mas também ao peso próprio.

O concreto leve com EPS, surgiu com o intuito de tornar o concreto armado com um peso específico aparente menor, entretanto, devido à redução do agregado graúdo no traço e a adição de um material que não possui propriedades físicas necessárias, o concreto leve com EPS, tem suas propriedades mecânicas de resistência a cargas, reduzidas consideravelmente.

O concreto leve com EPS começou a ser utilizado em 1957 na Alemanha (Stocco *et al.*, 2009). Inicialmente, o processo era mais complexo devido ao alto custo da matéria-prima. Hoje, com o aumento do uso do EPS, há um grande volume desse material sendo descartado pela indústria, o que permite adquiri-lo a um preço mais acessível.

As propriedades físicas do EPS, como baixa absorção de água, peso praticamente nulo, excelente isolamento acústico e térmico, resistência a reações químicas, altas temperaturas e fogo, além de sua boa aderência ao concreto (Khatib *et al.*, 2019), fazem dele um ótimo aditivo para traços de concreto não estruturais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a criação desta pesquisa, realizou-se uma revisão de literatura, trazendo a contextualização do concreto em duas vertentes, armado convencional e leve com EPS, além de estudos em relação à força, resistência e peso do concreto, entre outros assuntos pertinentes para a realização deste trabalho.

Concreto Convencional

O concreto possui uma alta resistência à compressão, transformando-o em um excelente material para ser utilizado em elementos estruturais submetidos à compressão,

por outro lado, suas características de fragilidade e baixa resistência à tração restringem seu uso isolado em elementos submetidos totalmente ou parcialmente à tração, como as vigas, que possuem uma alta solicitação de forças de flexão (Bastos, 2023). Para contornar essas limitações, o aço é empregado em conjunto com o concreto, formando um elemento estrutural que é capaz de resistir às tensões de compressão e tração.

Concreto Leve com EPS

A utilização do concreto leve com EPS tem seu início em 1957 na Alemanha (Stocco *et al.*, 2009). Devido às propriedades físicas do EPS, como a baixa absorção de água, peso praticamente nulo, bom isolamento acústico e térmico, resistente a reações químicas, resistente contra altas temperaturas ou fogo e sua boa aderência com o concreto (Khatib *et al.*, 2019) tornou um ótimo aditivo para se utilizar nos traços de concreto não estruturais.

O concreto leve oferece uma qualidade consistente em todo o mundo, graças à sua facilidade de moldagem, tornando os projetos arquitetônicos mais acessíveis. Sua composição básica de cimento, areia e pérolas de poliestireno, misturadas em betoneiras e moldadas conforme necessário, simplifica o processo de transporte, seja por carrinho de mão ou caminhão bomba, similar ao concreto tradicional. Sua leveza facilita significativamente o manuseio (Stocco; Rodrigues; Castro, 2009). Existem duas categorias de EPS divididas em três classes cada. A primeira categoria é o EPS tipo P e a segunda o EPS do tipo F. As classes são divididas em função da densidade do EPS, conforme quadro abaixo.

Quadro 1 - Características normativas do EPS conforme ABNT NBR 11752:2007.

Propriedades	Norma de ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
Massa específica aparente	ABNT NBR 11949:2077	kg/m ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de Deformação	ABNT NBR 8082:1983	kPa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Resistência à flexão	ASTM C203:1999	kPa	≥150	≥190	≥240	≥150	≥190	≥240
Absorção de água imerso em água	ABNT NBR 7973:2007	g/cm ² * 100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Permeabilidades ao vapor d'água	ABNT NBR 8081:1983	Ng/Pa.s.m	≤7	≤5	≤5	≤7	≤5	≤5
Coefficiente de condutividades térmica a 23°C	ABNT NBR 12094:1991	W/(m*k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	ABNT NBR 11948:2007	----	Não retardante à chama			Retardante a Chama		

Fonte: Catoia, 2012.

Peso Estrutural

Em estruturas de concreto, uma grande parte da carga imposta na estrutura, é do peso próprio do elemento estrutura. Concretos mais leves oferecem um peso específico menor, reduzindo os custos relacionados a fundação (Khafaga, 2012).

Coefficientes de carga e resistência são usados para calcular estruturas de concreto armado devido as variáveis da resistência do concreto durante e as cargas que são carregadas durante a construção e as cargas que são carregadas durante sua vida útil (Kaltakci *et al.*, 2007). Esses coeficientes aumentam as cargas, aumentando a quantidade de concreto e aço na estrutura, conseqüentemente, seu peso. Eles aumentam a força calculada em aproximadamente 50% e reduzem a resistência em 35%, calculando uma estrutura de 2-2,5 vezes mais segura do que o necessário (Kaltakci *et al.*, 2007). Conforme a alteração do uso, as cargas acidentais vão aumentando, fazendo com que a estrutura necessite ficar maior, e conseqüentemente, aumentando seu peso próprio.

Quadro 2 - Cargas acidentais por tipo de edificação.

Uso da Edificação	Carga acidental máxima (kN/m²)*
Edifícios Residenciais	5
Edifícios Comerciais	5
Edifícios Industriais	20
Hospitais	20
Shoppings Centers	12,5
Bancos e Instituições Financeiras	30
Áreas Técnicas	50

*Carga considerada para pior condição de uso

Fonte: ABNT NBR 6120:2019.

Juntas de Concretagem

Conforme o item 9.7 da NBR 14931 de 2004, dizia que a utilização de juntas frias não era recomendada, mas caso aconteça por falta de material ou outros fatores, era recomendado precauções e que antes de executadas, em casos de elementos estruturais, sejam aprovadas pelo técnico responsável e que sejam executadas onde os esforços de cisalhamento sejam menores, preferencialmente em posição normal aos esforços de compressão. Na norma atualizada, de 2023, não se tem um item em específico mencionando a utilização de juntas de concretagem em vigas, somente em pilares e demais itens, e que se tenha uma junta não prevista, deve ser seguida uma etapa de processos para a realização.

Entretanto, quando se analisando o comportamento de vigas que possuem juntas de concretagem sob flexão, não se tem uma diferença significativa em relação ao desempenho estrutural, comparando-se a uma viga com tratamento da junta de concretagem (Guimarães *et al.*, 2022).

Aderência entre Concreto Leve com EPS e o Aço

A aderência entre a armadura de aço e o concreto é um dos mecanismos mais importantes para a existência das estruturas de concreto armado, uma vez que para absorver os esforços solicitantes, os dois materiais devem atuar conjuntamente. Esta aderência é responsável pela ancoragem da armadura no concreto e, ainda, serve para impedir o escorregamento dessa armadura nos segmentos entre fissuras, limitando a abertura destas (Tavares *et al.*, 2014).

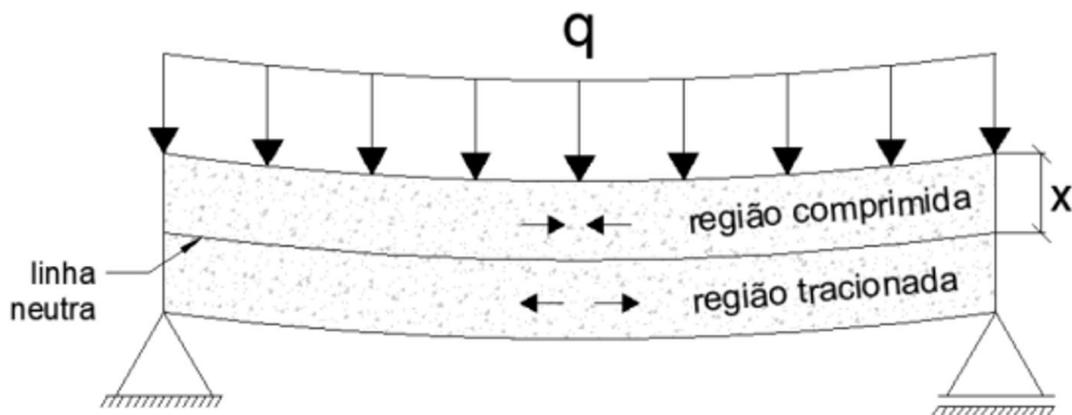
No caso do aço adicionado em concreto leve com EPS, foi apresentado por Pecce *et al.* (2013), que houve um aumento na aderência do concreto com as barras de aço, devido a capacidade de preenchimento de vazios do EPS devido a sua baixa densidade e tamanho de partículas das pérolas.

Linha Neutra

No dimensionamento de vigas e lajes, são feitas várias verificações. Uma das verificações, exigida pela norma vigente, é a posição da linha neutra. Essa linha neutra separa a região comprimida da região tracionada de um elemento submetido à flexão (Moura, 2019). Esta separação de regiões, altera também o elemento que está resistindo as forças aplicadas. Na região superior, a viga recebe esforços solicitantes de compressão, sendo o papel do concreto resistir a essas tensões. Na região inferior, as tensões de tração, devem ser resistidas pelo aço.

Conforme especificado pela NBR 6118 (ABNT, 2014), é obrigatório realizar verificações no dimensionamento de vigas e lajes. Uma dessas verificações envolve a determinação da posição da linha neutra, onde as tensões internas de compressão e tração na estrutura são consideradas inexistentes.

Figura 1 - Viga sujeita a um carregamento transversal uniforme.



Fonte: Moura, 2019.

Estádios

Os estádios, são as etapas que as vigas passam quando estão submetidas a momentos fletores crescentes, tendo causas pontuais para análise de comportamento das vigas submetidas às cargas. As mudanças de estádios da viga, passam pelos níveis I, II e III, sendo o nível III o mais extremo, onde a viga entra no chamado Estado de Limite Último.

No estágio I, a viga está em resistindo a carga sem nenhum problema aparente, o concreto permanece intacto e sem fissuras. no estágio II, seria onde se iniciam o aparecimento das fissuras na viga, onde as forças de tração estão, em sua maioria, abaixo da linha neutra.

Já no último estágio, é onde a viga entra em ruptura, as cargas e momento aplicadas na viga são maiores do que a resistência projetada para o concreto e a armadura.

Segundo Carvalho e Figueiredo (2014), simplificadaamente pode-se dizer:

- **Estádios I e II:** Correspondem às situações de serviço (quando atuam as ações reais)
- **Estádio III:** Corresponde ao estado limite último (ações majoradas, resistências minoradas), que só ocorre em situações extremas.

O cálculo de dimensionamento das estruturas de concreto armado será feito no estado limite último (estádio III), pois o objetivo principal é projetar estruturas que resistam, de forma econômica, aos esforços sem chegar ao colapso; as situações de serviço são importantes, porém muitas vezes o próprio cálculo no estado limite último e o bom detalhamento da armadura conduzem às verificações destas que deverão ser feitas quando necessário (Carvalho e Figueiredo, 2014, p. 115).

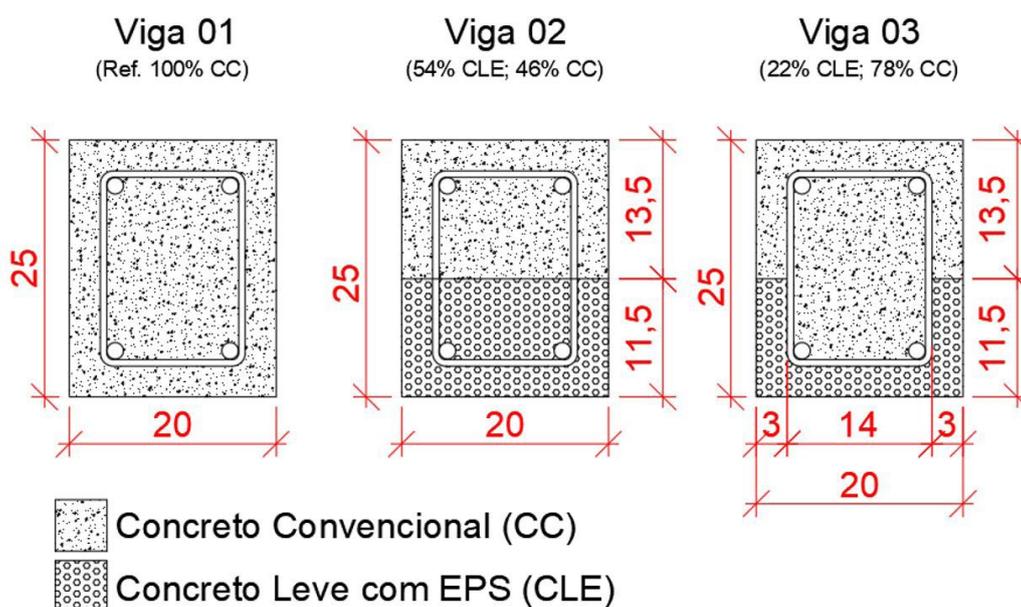
Ainda segundo os autores, no estágio I considera-se um estado elástico onde a tensão de tração do concreto não ultrapassa sua resistência característica à tração. No estágio II chama-se de estado de fissuração aumentando o valor do momento fletor, as tensões de tração na maioria dos pontos abaixo da linha neutra terão valores superiores ao da resistência característica do concreto à tração.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi do tipo exploratória, onde foi feita a comparação do comportamento de viga com concreto armado convencional, seguindo os métodos ABCP para definição do traço e uma viga mista de concreto leve com EPS, seguindo o mesmo traço do concreto convencional, mas substituindo o agregado graúdo (brita 01) por pérolas de poliestireno expandido (EPS) e concreto convencional.

Os 2 tipos de seções para as vigas mistas, foram desenvolvidos para que se maximizasse a redução do peso estrutural e também, trouxesse uma opção com menor uso do EPS na seção, para avaliação do seu comportamento à aplicação de carga. De início foi feita os desenvolvimentos dos traços e concreto as 3 vigas e para os corpos de prova. As vigas possuíam uma seção de 0,20 x 0,25 (conforme imagem abaixo) e 1,20 m de comprimento. Considerando o peso específico do concreto armado de 2500 kg/m³ e para o concreto leve com EPS com 100% de substituição do agregado graúdo pelo poliestireno expandido, 1000 kg/m². A viga número 01, de referência, teve um peso de 150 kg, a vigas de estudo 02 e 03, obtiveram um peso de 99,55 kg e 119,18 kg, respectivamente.

Figura 3 - Detalhamento transversal das seções.



Fonte: autoria própria, 2024.

Após os 28 dias de cura do concreto, foi feito o teste de resistência a compressão dos corpos de prova onde, os de concreto convencional atingiram uma resistência de 29 MPa, atingindo a resistência mínima estabelecida por norma, e os de concreto leve com EPS, chegaram a uma resistência de 12 MPa, não tendo resistência suficiente para ser utilizado em elementos estruturais.

O teste de resistência nas vigas, foi feito em uma presa hidráulica de 3 pontos, onde foram colocados apoios nas extremidades da viga com um vão de 1,10 metros, e uma carga pontual aplicada no centro da viga.

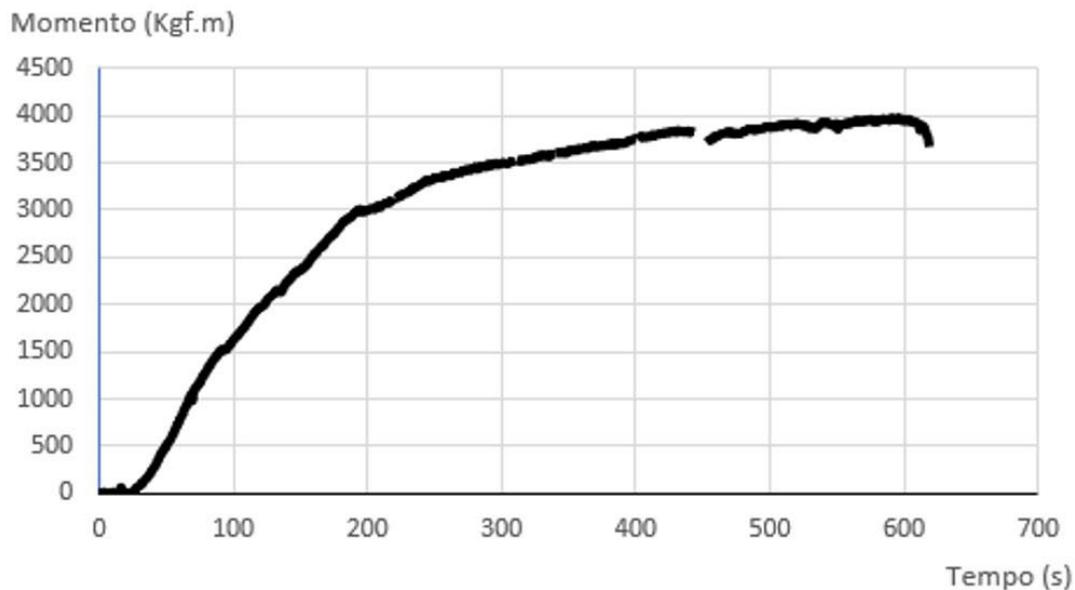
RESULTADOS

Após o tempo de cura de 28 dias, a resistência dos corpos de prova de concreto convencional e concreto leve com EPS, tiveram um resultado médio de 29 MPa e 12 MPa, respectivamente.

As 3 vigas, obtiveram os seguintes dados:

Para a viga 01 (referência):

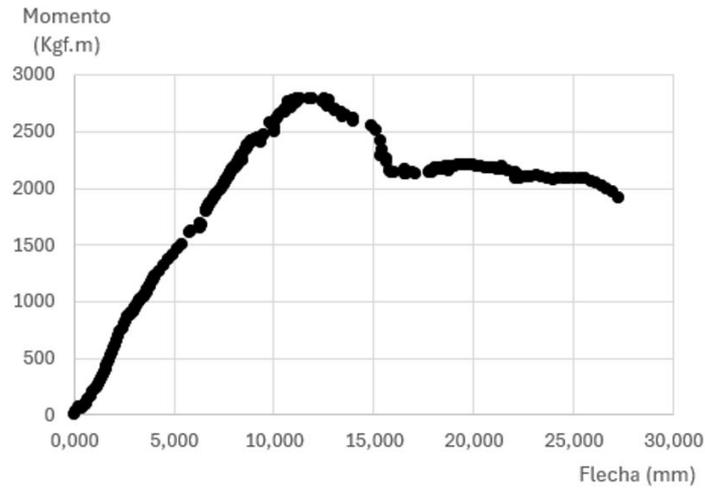
Gráfico 1 - Carga aplicada x Tempo de aplicação.



Fonte: autoria própria, 2024.

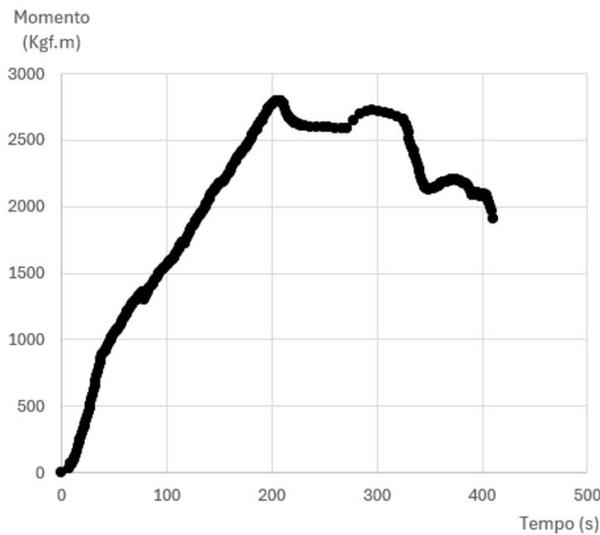
Para viga 02 (54% CLE: 46% CC);

Gráfico 2 - Carga aplicada x flecha.



Fonte: autoria própria, 2024.

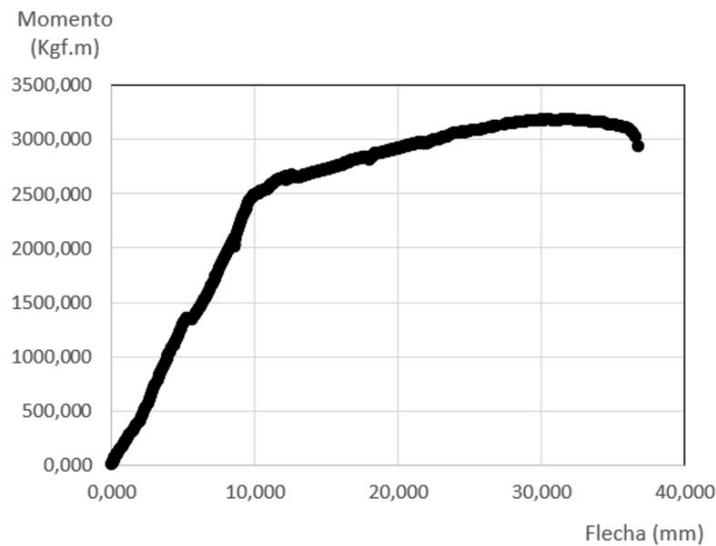
Gráfico 3 - Carga aplicada x tempo de aplicação.



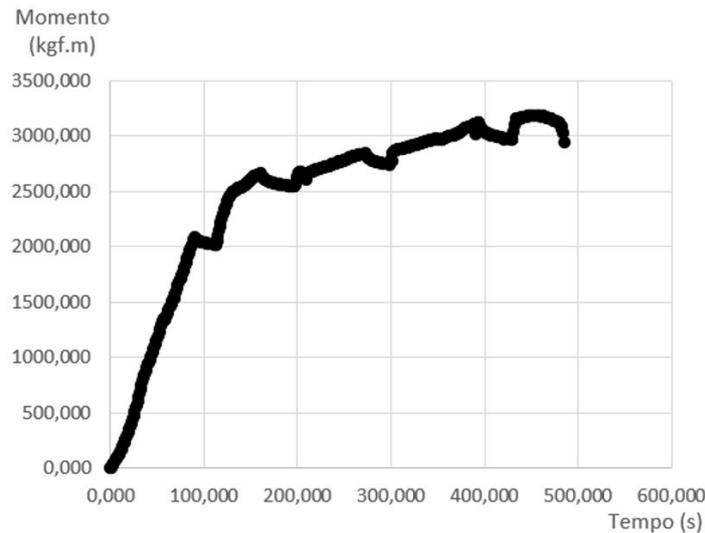
Fonte: autoria própria, 2024.

Para a viga 03 (22% CLE: 78% CC);

Gráfico 4 - Carga aplicada x flecha.



Fonte: autoria própria, 2024.

Gráfico 5 - Carga aplicada x tempo de aplicação.

Fonte: autoria própria, 2024.

Analisando os gráficos acima, podemos verificar que houve uma redução de 29% a resistência da viga 02 e 20% de redução de resistência na viga 03, em comparação com a viga de referência. Conforme tabela 03.

Tabela 3 - Comparação de resultados.

Viga	Momento Maximo (Kgf.m)	Redução na Resistência
1	3964,54	0%
2	2796,51	29%
3	3190,11	20%

Fonte: autoria própria, 2024.

O momento de transição entre estágio I e II, ocorreram de forma igual para todas as vigas, entre 1.700 e 1.800 Kgf.m de momento aplicado. As imagens abaixo, mostram o momento de fissuração das vigas 02 e 03.

Imagens 1 e 2 - Vigas fissuradas

Fonte: autoria própria, 2024.

Já para o momento de transição entre os estádios II e III, ocorreu entre a aplicação de momento de 2.900 Kgf.m na viga 02 e 2.650 Kgf.m na viga 03 (Dados não obtidos na viga de referência).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados obtidos, esta pesquisa constatou que utilizar um concreto leve com EPS na área tracionada da viga traz uma redução de peso proporcional a resistência da viga no estádio III.

Entretanto, observando nos estádios I e II, observou-se uma semelhança entre a viga de referência e as vigas de estudo, pois a região comprimida ainda está dentro dos domínios 2 e 3, para o qual as vigas subarmadas são projetadas. O momento de fissuração, entrada no estádio II, foi na mesma faixa de carga aplicada, mostrando que o comportamento da viga, sendo de concreto convencional ou mista de concreto convencional e concreto leve com EPS, são semelhantes.

A grande diferença entre as vigas, foi o momento de ruptura, tendo a viga de referência, um melhor resultado entre as demais. A viga 03, obteve-se uma resistência de aproximadamente 400 kgf.m maior que a viga 02, dado pela maior quantidade de concreto convencional no interior da viga 03.

Foi demonstrado que seguindo os limites de linha neutra em 45% da altura da viga, obtêm-se valores dentro das normativas brasileiras nos estádios I e II com uma redução no peso próprio da viga de aproximadamente 34%.

REFERÊNCIAS

BARBETA, Pedro. **A Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: EdUFSC, 1998.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. 9.ed. Petrópolis, RJ:Vozes, 1999.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Fundamentos do Concreto Armado**. UNESP. Bauru – SP. 2023. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 10/03/2024.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 3. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2007.

CARVALHO, R. C; FIGUEIREDO, J. R. F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. RODRIGUES, David. STOCCO, Wagner. **Concreto leve com uso de EPS**. Cobenge 2009. Recife – PE. 2009

FERNANDES, R. M. **A Influência das Ações Repetidas na Aderência Aço-Concreto**. 2000. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2000.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

- GUIMARÃES, Cleidson Carneiro, *et al.* **Influência de juntas frias no comportamento de elementos de concreto armado sob flexão.** Revista de Engenharia Civil IMED. Passo Fundo, v. 9, no 1, p-1-16, junho 2022. DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2022.v9i1.4106>. Acesso em 27/03/2024.
- ISAIA, G. C. **CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações.** v. 01, São Paulo: IBRACON, 2005.
- KALTAKCI, M. Y. *et al.* **An investigation on failed or damaged reinforced concrete structures under their own-weight in Turkey.** Science Direct. Engineering Failure Analysis. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2006.12.005>. Acesso em 01/05/2024.
- KHAFAGA, Mohamed A. **Shear behavior of reduced-weight reinforced concrete beams.** Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 40, No 1, pp.121-146, Janeiro 2012. DOI: 10.21608/jesaun.2012.112718. Acesso em 01/05/2024.
- KHATIB, J.M. *et al.* **Características de concreto contendo EPS.** Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete. El Savier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102676-2.00007-4>. Acesso em 10/03/2024.
- LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas.** Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: UFMG, 1999.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico.** 6.ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de marketing.** Vol. 1 e 2. São Paulo: Atlas, 1999.
- MEDEIROS, João Bosco. **Redação científica.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MOURA, T. R. C. de. **Demonstração do cálculo da linha neutra em vigas submetidas à flexão.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, ano 04, v.10, ed.10, p.99-115, out, 2019.
- SANTOS, C. F. R.; SIMÕES, Y. de S. **Alterações quanto ao posicionamento da linha neutra no dimensionamento à flexão prescritas na NBR 6118:2014.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59., 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Instituto Brasileiro do Concreto, 2017. Não paginado
- SARTORTI, Artur Lenz. **Comportamento dinâmico de lajes maciças de concreto leve com pérolas de EPS.** Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo. 2015.
- SILVA, Guilherme Diehl Dutra da. **Juntas e seus tratamentos em pisos industriais de concreto: análise da concepção do projeto, da execução e do tratamento das juntas em obras.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil. Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/96321>. Acesso em 20/04/2024.
- SOUSA, Nayla Tamires de. **Ferramentas computacionais para o cálculo da posição da linha neutra com a variação do carregamento contínuo em vigas de concreto armado para otimização de custos e segurança.** Unifametro. Fortaleza. 2021. Disponível em: http://repositorio.unifametro.edu.br/bitstream/123456789/1002/1/NAYLA%20TAMIRE%20DE%20SOUSA_TCC.pdf. Acesso em 15/04/2024.
- SOUSA, Rhaylla Crístielly Rêgo. LIMA, Diogo Pedreira. SILVA, Medson Dewictor Raphael Turíbio Aguiar. **Avaliação de desempenho de concreto leve com adição de Poliestireno Expandido**

(EPS): revisão de literatura. Engineering Sciences, v.8, n.3, p.45-52, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.003.0005>. Acesso em 20/04/2024.

TAVARES, A. J. *et al.* **Aderência aço-concreto: simulação numérica dos ensaios de arrancamento pull-out e APULOT usando o programa ATENA.** Revista IBRACON de estruturas e materiais, Vol. 7, No 1, Fevereiro de 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952014000100007>. Acesso em 01/05/2024.

Eficiência Energética e Otimização de Oxigenação em Estações de Tratamento de Esgoto: Avaliação dos Aeradores Alfamec Turbo

Energy Efficiency and Oxygenation Optimization in Wastewater Treatment Plants: Evaluation of Alfamec Turbo Aerators

Alessandro Fernando Barros

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção; Universidade Federal do ABC. M.Sc

Carlos Manuel Garate Cabezas

Diretor Técnico, Alfamec Soluções Ambientais, São Paulo, Brasil. Eng

RESUMO

Este estudo avaliou a eficácia dos aeradores ALFAMEC Turbo, com uma nova configuração de turbina integrada ao eixo principal, visando melhorias no desempenho energético e na oxigenação em estações de tratamento de esgoto (ETEs) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Testes comparativos foram realizados nas ETEs Parque Andreense e Marlene Miranda, onde os aeradores ALFAMEC Turbo de 10 CV e 7,5 CV foram comparados a aeradores convencionais de 25 CV e 15 CV, respectivamente. Os resultados mostraram que, apesar de suas potências menores, os aeradores ALFAMEC Turbo apresentaram uma transferência de oxigênio dissolvido (OD) mais eficiente e homogênea, além de uma economia de até 66% no consumo energético. A qualidade do efluente tratado também foi mantida dentro dos padrões regulatórios, confirmando a viabilidade do uso dos aeradores ALFAMEC Turbo como uma alternativa sustentável e eficiente para ETEs. A câmara de bocais subsônicos desenvolvida para medição de ar permitiu resultados precisos, reforçando a eficácia do sistema. Conclui-se que a nova configuração dos aeradores ALFAMEC Turbo contribui para a redução de custos operacionais e para a sustentabilidade ambiental em estações de tratamento de esgoto.



Palavras-chave: tratamento de efluentes; aeradores; eficiência energética; oxigênio dissolvido; sustentabilidade.

ABSTRACT

This study evaluated the effectiveness of ALFAMEC Turbo aerators with a new turbine configuration integrated into the main shaft, aiming to improve energy efficiency and oxygenation in wastewater treatment plants (WWTPs) from the São Paulo State Basic Sanitation Company (SABESP). Comparative tests were conducted at the Parque Andreense and Marlene Miranda WWTPs, where the 10 HP and 7.5 HP ALFAMEC Turbo aerators were compared to conventional 25 HP and 15 HP aerators, respectively. The results showed that, despite theirs, the ALFAMEC Turbo aerators achieved more efficient and homogeneous dissolved oxygen (DO) transfer and up to 66% energy savings. The quality of the treated effluent was maintained within regulatory standards, confirming the feasibility of using ALFAMEC Turbo aerators as a sustainable and efficient alternative for WWTPs. The subsonic nozzle chamber developed for air measurement provided precise results, reinforcing the system's effectiveness. It is concluded that the new configuration of ALFAMEC Turbo aerators contributes to reducing operational costs and enhancing environmental sustainability in wastewater treatment plants.

Keywords: wastewater treatment; aerators; energy efficiency; dissolved oxygen; sustainability.

INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes é uma prática essencial para preservar a qualidade da água e a sustentabilidade ambiental, especialmente em áreas urbanas de alta densidade populacional. Nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), a eficiência do processo de oxigenação é crítica, pois a presença de oxigênio dissolvido (OD) favorece a decomposição de matéria orgânica, indicada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Este processo é intensivo em energia, sendo o sistema de aeração um dos maiores consumidores de energia das ETEs (Zhang *et al.*, 2021). Assim, existe uma demanda constante por soluções de aeração que proporcionem uma elevada eficiência de oxigenação ao mesmo tempo em que reduzem o consumo de energia.

Pesquisas recentes destacam modificações em aeradores como uma abordagem eficaz para otimizar o desempenho energético e a transferência de oxigênio em sistemas de tratamento de efluentes (Piotrowski & Ujazdowski, 2020; Kujawiak & Makowska, 2022). Estudos anteriores realizados por Barros *et al.* (2024) avaliaram aeradores equipados com sopradores de ar externos, que aumentaram significativamente o volume de ar introduzido no sistema. Estes testes iniciais evidenciaram uma melhoria notável na eficiência energética, mas também revelaram um desequilíbrio físico nos aeradores devido à localização excêntrica do soprador, que se posicionava fora do eixo principal. Esse desequilíbrio afetou a estabilidade dos aeradores em operação contínua, indicando a necessidade de uma configuração aprimorada para uso em longo prazo.

Neste estudo, uma nova configuração é proposta para os aeradores da ALFAMEC, agora denominados “Aeradores Turbo”, onde o soprador é integrado diretamente ao eixo principal do aerador, eliminando o rotor de ventilação externo e reduzindo a potência necessária do soprador. Essa modificação visa não apenas resolver o problema de desequilíbrio observado, mas também aumentar a eficiência de introdução de ar atmosférico e, conseqüentemente, a transferência de oxigênio.

A metodologia de medição foi aprimorada para garantir uma precisão superior nos dados de vazão de ar. Em colaboração com o Professor Márcio Nunes, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) da Universidade de São Paulo, a ALFAMEC construiu uma câmara de bocais subsônicos para medições precisas de baixas vazões de ar, conforme a norma ISO 5801-2007. Este sistema utiliza bocais para a medição de vazão por diferencial de pressão, proporcionando dados confiáveis em faixas de medição críticas para aeradores. Esta abordagem permitiu quantificar o volume de ar atmosférico que cada aerador introduz no sistema por kWh, possibilitando uma comparação direta entre os aeradores convencionais e os Aeradores Turbo.

Com os resultados obtidos nos testes de campo nas ETEs da Sabesp, observou-se que a integração do soprador ao eixo principal do aerador resultou em uma introdução de oxigênio significativamente mais alta por unidade de energia consumida. Os testes, realizados nas ETEs Parque Andreense e Marlene Miranda, demonstraram que a nova configuração não apenas mantinha os níveis de OD e DBO dentro dos padrões regulatórios, mas também proporcionava uma economia energética expressiva.

Diante desse cenário, este estudo apresenta uma análise detalhada do desempenho dos Aeradores Turbo, incluindo o impacto da nova configuração na estabilidade do equipamento e sua eficiência na transferência de oxigênio. A análise inclui comparações entre os dados de vazão de ar, consumo energético e eficiência de oxigenação, proporcionando insights para a implementação em larga escala de aeradores otimizados em ETEs, promovendo não apenas a sustentabilidade operacional, mas também a redução de custos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local do Experimento

Os testes foram realizados em duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) da Sabesp no estado de São Paulo:

- ETE Parque Andreense: Localizada em Santo André, SP, onde foi instalado o aerador ALFAMEC Turbo 10 CV e comparado com o aerador convencional Sabesp 25 CV.
- ETE Marlene Miranda: Localizada em Taubaté, SP, onde foi testado o aerador ALFAMEC Turbo de 7,5 CV em comparação com um aerador convencional de 15 CV.

Equipamentos Utilizados

- Aerador ALFAMEC Turbo 10 CV: Aerador de baixa potência com uma configuração que integra uma turbina interna e o eixo principal, eliminando a necessidade de um soprador excêntrico e melhorando o equilíbrio mecânico.
- Aerador Sabesp 25 CV: Aerador de alta potência convencional, utilizado como referência.
- Aerador ALFAMEC Turbo 7,5 CV: Equipado com motor de 7,5 CV e uma turbina interna para otimizar o consumo de energia e a eficiência de oxigenação.
- Aerador convencional 15 CV: Utilizado como referência na ETE Marlene Miranda.

Sistema de Medição de Vazão de Ar

Para avaliar a capacidade dos aeradores de introduzir oxigênio, foi projetado um sistema de medição especializado:

- Câmara de Bocais Subsônicos: Desenvolvida e calibrada conforme a norma ISO 5801-2007, essa câmara permite a medição precisa de baixas vazões de ar. Com uma parede divisória interna equipada com bocais subsônicos, a vazão é calculada através da medição do diferencial de pressão a montante e a jusante, utilizando um transdutor de pressão diferencial como se pode ver na figura 1.

Figura 1 - Câmara de Bocais Subsônicos.



Fonte: autoria própria.

- Capuz de Pressão Equilibrada: Instalado sobre o aerador para equilibrar as pressões interna e externa, simulando condições atmosféricas e possibilitando medições precisas da vazão de ar como se pode ver na figura 2.

Figura 2 - Capuz de Pressão Equilibrada.

Fonte: autoria própria.

- Anemômetros e Medidores Convencionais: Inicialmente utilizados, porém substituídos devido a imprecisões nas medições de baixas vazões.

Procedimento Experimental

Testes de Oxigênio Dissolvido (OD)

Os aeradores foram testados para medir a capacidade de introdução de oxigênio no tanque de aeração nas ETEs. Utilizando uma sonda multiparâmetro HACH (HQ 40), as medições de OD foram realizadas nos pontos de amostragem especificados nas duas ETEs. Em cada ponto e profundidade, foram coletadas amostras para medir o OD em diferentes condições operacionais.

Avaliação da Estabilidade e Consumo Energético

Os testes compararam o desempenho e o consumo energético entre os aeradores ALFAMEC Turbo e os aeradores convencionais, medindo o consumo de energia elétrica durante o funcionamento. A potência ativa foi monitorada para calcular o consumo em kWh ao longo do período de testes.

Teste de Eficiência do Sistema de Aeração

A eficiência do sistema de aeração foi determinada pela capacidade de cada aerador de introduzir ar atmosférico em função da potência consumida. A taxa de introdução de ar (em kg de O₂ por CV/h) foi calculada utilizando os dados obtidos com a câmara de bocais, permitindo uma comparação direta entre os aeradores ALFAMEC Turbo e os convencionais.

Análise de Qualidade do Efluente

Para cada ETE, amostras foram coletadas antes e após o processo de aeração para determinar os níveis de DBO e DQO. As amostras foram analisadas para confirmar a eficiência do tratamento com os aeradores e verificar se os valores de DBO e DQO atendiam aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental.

Protocolo de Testes

O protocolo de testes foi elaborado em colaboração com a Sabesp, permitindo a avaliação da viabilidade dos aeradores ALFAMEC Turbo nas condições reais de operação das ETEs Parque Andreense e Marlene Miranda. Os testes foram acompanhados por biólogos da Sabesp, e todos os dados foram documentados para garantir a reprodutibilidade dos resultados.

RESULTADOS

Desempenho dos Aeradores em Termos de Oxigênio Dissolvido (OD)

Os testes realizados nas ETEs Parque Andreense e Marlene Miranda demonstraram que os aeradores ALFAMEC Turbo, com menores potências (10 CV e 7,5 CV, respectivamente), foram mais eficientes na transferência de oxigênio dissolvido (OD) quando comparados aos aeradores convencionais de maior potência (25 CV e 15 CV). A figura 3 representa a vista superior do tanque de aeração com identificação dos pontos de medição de O.D. e a tabela 1 apresenta as medições de OD em diferentes pontos do tanque de aeração da ETE Parque Andreense:

Figura 3 - Representa a vista superior do tanque de aeração com identificação dos pontos de medição de O.D.



Fonte: autoria própria.

Tabela 1 - Medição de O.D. (mg/L) em amostras superficiais.

PONTO DE MEDIÇÃO	AERADOR SABESP 25 CV	AERADOR ALFAMEC 10 CV
1	1,4	2,6
2	0,2	2,3
3	0,9	2,5
4	1,1	2,5
5	2,2	3,4

Fonte: autoria própria.

Os resultados mostraram que, apesar de sua menor potência, o aerador ALFAMEC Turbo 10 CV conseguiu manter um nível de OD mais alto em todos os pontos de medição, indicando uma capacidade de oxigenação superior e mais homogênea em comparação com o aerador Sabesp 25 CV. Esse desempenho foi confirmado mesmo no ponto 2, onde a proximidade do aerador convencional desligado poderia ter interferido na circulação de ar.

Eficiência em Diferentes Profundidades

A tabela 2 apresenta as medições de OD em diferentes profundidades do tanque de aeração da ETE Parque Andreense, mostrando a homogeneidade da transferência de OD pelos aeradores.

Tabela 2 - Avaliação dos aeradores em profundidades variadas do tanque de aeração.

PROFUNDIDADE Em metros	PONTO - 1		PONTO - 4		PONTO - 5	
	Sabesp 25 cv	ALFAMEC 10 cv	Sabesp 25 cv	ALFAMEC 10 cv	Sabesp 25 cv	ALFAMEC 10 cv
0,0	0,8	2,1	1,0	1,5	0,8	1,9
0,5	0,8	2,1	1,0	1,4	0,8	1,6
1,0	0,7	1,8	0,9	1,5	0,7	1,6
1,5	0,7	1,8	0,9	1,4	0,8	1,6
2,0	0,7	1,8	1,0	1,4	0,9	1,6
2,5	0,7	1,8	1,0	1,4	0,9	1,6

Fonte: autoria própria.

As medições de OD revelaram que o aerador ALFAMEC Turbo 10 CV conseguiu fornecer uma oxigenação mais homogênea em profundidades variadas, um fator crítico para a eficiência dos processos biológicos nas ETES.

Consumo Energético e Eficiência de Introdução de Oxigênio

Durante os testes, o consumo energético dos aeradores foi monitorado e registrado. Na ETE Marlene Miranda, o aerador ALFAMEC Turbo 7,5 CV apresentou uma redução de 66% no consumo de energia em relação ao aerador convencional de 15 CV. A Tabela 3 mostra o consumo e o tempo de uso médio diário dos aeradores testados.

Tabela 3 - Consumo e o tempo de uso médio diário dos aeradores testados.

Equipamento	Potência Média (kW)	Consumo em 8 dias (kWh)	Horas de Uso (h/dia)
Aerador 15 CV	16,096	2631	20,4
ALFAMEC Turbo 7,5 CV	7,031	882	15,68

Fonte: autoria própria.

Com a integração do soprador diretamente ao eixo principal, o aerador ALFAMEC Turbo obteve maior eficiência de oxigenação por kWh consumido, validando a eficácia da nova configuração. Na figura 2 é possível ver o aerador de 15 CV Convencional (lado esquerdo da figura 4) e do aerador ALFA TURBO de 7,5 CV sob teste, à direita.

Figura 4 - Aerador de 15 CV Convencional e aerador ALFA TURBO de 7,5 CV em teste.

Fonte: autoria própria.

Qualidade do Efluente

A qualidade do efluente foi avaliada pelas reduções de DBO e DQO na ETE Marlene Miranda. Os resultados mostraram que a configuração do ALFAMEC Turbo 7,5 CV manteve os níveis de DBO e DQO dentro dos padrões regulatórios conforme tabela 4.

Tabela 4 - Níveis de DBO e DQO dentro dos padrões regulatórios.

Parâmetro	Entrada (mg/L)	Saída(mg/L)
DBO	339	4
DQO	664	44

Fonte: autoria própria.

Esses valores indicam que o aerador ALFAMEC Turbo, mesmo com menor potência, alcançou os níveis de tratamento necessários, mantendo a eficiência no tratamento e a qualidade do efluente.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a superioridade dos aeradores ALFAMEC Turbo em termos de eficiência de oxigenação e consumo energético. A introdução de um soprador integrado ao eixo principal dos aeradores foi essencial para corrigir o

problema de desequilíbrio observado nos modelos anteriores com sopradores externos. Essa inovação contribuiu para uma oxigenação mais homogênea e eficiente, além de reduzir o consumo energético em até 66% em comparação com aeradores convencionais de maior potência

O uso da câmara de bocais subsônicos permitiu medições precisas do volume de ar introduzido, mostrando que os aeradores ALFAMEC Turbo conseguiram introduzir significativamente mais oxigênio por kWh consumido. Isso está alinhado com os objetivos de reduzir custos operacionais e aumentar a sustentabilidade nas operações de ETEs.

Adicionalmente, a qualidade do efluente tratado com os aeradores ALFAMEC Turbo manteve-se dentro dos padrões regulatórios de DBO e DQO, demonstrando que a redução de potência não compromete a eficácia do tratamento. Esse resultado é consistente com os avanços sugeridos na literatura, onde modificações nos sistemas de aeração têm se mostrado eficazes em promover economias de energia e melhorias de desempenho (Piotrowski & Ujazdowski, 2020; Kujawiak & Makowska, 2022).

Em conclusão, a implementação dos aeradores ALFAMEC Turbo em ETEs apresenta-se como uma alternativa viável e mais sustentável para o tratamento de efluentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes realizados nas ETEs Parque Andreense e Marlene Miranda demonstraram que os aeradores ALFAMEC Turbo de baixa potência são alternativas eficientes e sustentáveis em comparação aos aeradores convencionais de maior potência. A nova configuração, que integra o soprador diretamente ao eixo principal, permitiu uma transferência de oxigênio dissolvido (OD) mais eficiente, com resultados homogêneos em diversas profundidades dos tanques de aeração.

Além de oferecer uma oxigenação mais eficaz, os aeradores ALFAMEC Turbo reduziram o consumo energético em até 66%, representando uma significativa economia operacional para estações de tratamento de esgoto. Os testes de qualidade do efluente, com medições de DBO e DQO, confirmaram que os aeradores ALFAMEC Turbo mantiveram os padrões de qualidade necessários, evidenciando que a menor potência dos aeradores não compromete a eficiência do tratamento.

A utilização da câmara de bocais subsônicos, em conformidade com a norma ISO 5801-2007, foi essencial para a precisão nas medições do volume de ar introduzido, destacando a superioridade dos aeradores ALFAMEC Turbo em termos de eficiência de oxigenação por kWh consumido.

Em conclusão, a nova configuração dos aeradores ALFAMEC Turbo mostrou-se uma solução prática e sustentável para o tratamento de efluentes, proporcionando uma redução significativa nos custos energéticos e melhorando a eficiência dos processos biológicos. A implementação dessa tecnologia em larga escala poderá contribuir para a sustentabilidade ambiental e econômica das operações de tratamento de esgoto, oferecendo uma opção viável para modernizar e otimizar as ETEs.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.; COSTA, M. **Melhorias em sistemas de aeração de baixa potência para tratamento de efluentes**. Journal of Environmental Engineering, v. 147, n. 7, p. 1-10, 2021. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001923](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001923)>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- BARROS, A. F.; CABEZAS, C. M. **Otimização de sistemas de aeração em estações de tratamento de efluentes: avaliação de aeradores de baixa potência com soprador de ar**. AYA Editora, 2024. Disponível em: <<https://ayaeditora.com.br/livros/L685.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2024.
- DING, W.; LIU, Z.; WANG, X. **Overview of Energy-Saving and Consumption-Reducing Techniques for Petrochemical Wastewater Treatment**. Chinese Control Conference, 2023. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.23919/CCC58697.2023.10240337>>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- HASAN, A.; SALEM, A. R.; ABDELHADI, A. I.; QANDIL, M.; AMANO, R.; ALKHALIDI, A. **The Power Reclamation of Utilizing Micro-Hydro Turbines in the Aeration Basins of Wastewater Treatment Plants**. Journal of Energy Resources Technology, v. 142, n. 10, p. 1-8, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1115/1.4048869>>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- KUJAWIAK, S.; MAKOWSKA, M. **Wastewater treatment in a hybrid barbotage reactor with continuous aeration**. Desalination and Water Treatment, 2022. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.5004/dwt.2022.28579>>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- MODI, K. K.; NATH, K. K. **Modification and Performance of a Rotating Biological Contactor for the Rectification of Synthetic Auramine O dye Wastewater**. Current World Environment, v. 18, n. 3, p. 1-10, 2024. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.12944/cwe.18.3.15>>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- PIOTROWSKI, R.; UJAZDOWSKI, T. **Model of Aeration System at Biological Wastewater Treatment Plant for Control Design Purposes**. Lecture Notes in Electrical Engineering, v. 654, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-50936-1_30>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- PÖYRY, L.; UKKONEN, P.; MULAS, M.; MIKOLA, A. **Modelling solution for estimating aeration energy of wastewater treatment plants**. Water Science & Technology, v. 84, n. 12, p. 3941-3950, 2021. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.2166/wst.2021.481>>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- ZHANG, J.; SHAO, Y.; HONGCHEN, W.; LIU, G.-H.; LU, Q.; SUN, W.; JIANG, Z.-H.; ZHANG, J. **Study on the Balance of Oxygen in Supply and Demand in Wastewater Treatment Plant**. Research Square, 2021. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-834605/v1>>. Acesso em: 14 ago. 2024.

Verificação da Viabilidade de Base Alternativa de Solos Reforçados com Fibra de Coco e Cimento

Verification of the Viability of Alternative Base Using Soil Reinforced With Coconut Fiber and Cement

Renata Camila Silveira dos Santos

Faculdade Educacional de Medianeira

RESUMO

Este estudo avalia o uso de fibra de coco seca como reforço em solo residual basáltico de Medianeira, Paraná, visando melhorar solos inadequados e reduzir o uso de materiais. A estabilização do solo com fibra de coco e cimento é investigada como alternativa para melhorar as propriedades mecânicas. O trabalho incluiu a caracterização do solo e a avaliação de sua resistência, variando as concentrações de fibra de coco e cimento. A pesquisa analisa o impacto dessas adições nas propriedades do solo, buscando oferecer uma solução eficaz para melhorar a resistência e estabilidade do solo em regiões semelhantes.

Palavras-chave: fibra de coco; reforço de solo; estabilização mecânica.

ABSTRACT

This study evaluates the use of dry coconut fiber as reinforcement in residual basaltic soil from Medianeira, Paraná, aiming to improve inadequate soils and reduce material usage. Soil stabilization with coconut fiber and cement is investigated as an alternative to enhance the mechanical properties. The work included the characterization of the soil and the assessment of its resistance, varying the concentrations of coconut fiber and cement. The research analyzes the impact of these additions on the soil properties, seeking to provide an effective solution to improve soil strength and stability in similar regions.

Keywords: coconut fiber; soil stabilization; mechanical performance.



INTRODUÇÃO

O setor de engenharia civil tem avançado na busca por métodos de construção eficientes e econômicos, sendo fundamental a escolha de materiais que combinem durabilidade e bom desempenho mecânico dentro do orçamento. Uma estratégia eficaz é a utilização de materiais locais, como o solo, que além de ser acessível e de baixo custo, desempenha funções cruciais em fundações e escavações. Para garantir a qualidade do solo em projetos, é necessário realizar testes laboratoriais para avaliar suas propriedades físicas e químicas. Quando o solo natural não atende aos requisitos, podem ser adotadas alternativas como a incorporação de fibras de coco e cimento, que aumentam a resistência do solo a um custo reduzido. A pesquisa abaixo se trata de uma abordagem experimental e quantitativa para analisar a viabilidade de bases alternativas de solos reforçados com fibra de coco e cimento.

SOLOS LATERÍTICOS

Durante o processo de laterização, ocorre um aumento na concentração de óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio, enquanto a caolinita permanece como o principal argilomineral. Essa composição resulta em cores típicas como vermelho, amarelo, marrom e laranja. Pedologicamente, o solo laterítico é um tipo de solo superficial formado por um processo pedogenético, comum em áreas bem drenadas das regiões tropicais úmidas. No Brasil, o termo “solo laterítico” é frequentemente associado a pedregulhos lateríticos.

Segundo Nogami *et al.* (1985), citado por Marangon (2004), o solo laterítico é definido pelo Comitê de Solos Tropicais da Associação Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações (ISSMEF) como aquele que pertence aos horizontes A (camada mineral com enriquecimento de matéria orgânica) e B (horizonte com máxima expressão de cor, estrutura e/ou que apresenta materiais translocados), situados em perfis bem drenados e desenvolvidos sob clima úmido. Sua fração argila é composta principalmente por argilominerais do grupo das caulinitas, além de óxidos e hidróxidos de ferro e/ou alumínio, conferindo-lhe uma estrutura porosa e agregados altamente estáveis. Esses solos geralmente apresentam uma grande proporção de partículas com diâmetro inferior a 2 mm. Em algumas regiões, podem conter pedregulhos lateríticos, conhecidos como lateria, que são massas consolidadas, maciças ou porosas, com a mesma mineralogia dos solos lateríticos.

SOLO REFORÇADO COM FIBRA DE COCO

A estabilização e o reforço de solos visam melhorar características como resistência ao cisalhamento e compressibilidade, utilizando métodos físicos, químicos e mecânicos. A estabilização envolve técnicas químicas para alterar a condição do solo, enquanto o reforço usa elementos como fibras para aumentar sua resistência e estabilidade. A adição de fibras ao solo cria um compósito, onde o solo age como matriz, distribuindo tensões entre as fibras. As fibras aumentam a resistência e rigidez do solo, além de reduzir fissuras.

O reforço pode ser classificado como extensível ou inextensível, dependendo da deformação do solo. O reforço aleatório com fibras busca uma distribuição homogênea no solo, melhorando o desempenho mecânico. Fatores como quantidade, orientação, distribuição e resistência das fibras são cruciais para otimizar o desempenho do solo reforçado.

De acordo com Bolaños (2013), Casagrande (2005) e Specht (2000), os parâmetros cruciais que determinam o desempenho de fibras em compósitos são os seguintes:

- I. Proporção de fibra: Um aumento na proporção de fibra no compósito geralmente resulta em um reforço da resistência mecânica. Contudo, há um limite ótimo para a quantidade de fibra, além do qual não se verifica um incremento adicional na resistência;
- II. Módulo de elasticidade da fibra: Um módulo elevado pode levar a um risco aumentado de deslocamento das fibras do compósito;
- III. Aderência fibra/matriz: A aderência eficaz entre a fibra e a matriz é fundamental para a resistência, a deformação e os padrões de ruptura dos compósitos reforçados com fibras;
- IV. Comprimento da fibra: Um comprimento maior de fibras tende a melhorar a resistência mecânica do compósito até um certo ponto e reduz a probabilidade de as fibras serem arrancadas.

Fibra de coco, devido à sua alta resistência e durabilidade, é eficaz no reforço de solos, especialmente argilosos, onde aumenta a coesão e melhora a resistência à tração. Estudos indicam que a adição de até 0,6% de fibra de coco melhora a coesão, mas teores superiores podem reduzir essa melhoria. A fibra de coco também mantém sua resistência em condições úmidas e oferece maior elasticidade e atrito do que fibras sintéticas.

A adição de fibras de coco a solos arenosos também demonstrou aumento na resistência ao cisalhamento e na coesão, com 0,5% e 1,0% de fibras apresentando os melhores resultados, enquanto teores mais elevados dificultaram a homogeneização.

SOLO CIMENTO

A NBR 12253:2012 define o solo-cimento como um material endurecido obtido pela cura de uma mistura compactada de solo, cimento e água, com no mínimo 5% de cimento em massa, conforme a dosagem estabelecida na NBR 12254:2013. As propriedades do solo-cimento são influenciadas pelo tipo de solo, quantidade de cimento, teor de umidade e nível de compactação. Esta técnica é amplamente aplicada em diversas infraestruturas, como bases de pavimentos, revestimentos de canais, proteção de encostas e prevenção de liquefação de areias (Consoli *et al.*, 2011).

Ingles e Metcalf (1972) descrevem a estabilização com cimento como a dispersão do cimento sobre o solo, seguida de umidificação e compactação. Mesmo com uma adição mínima de 2% de cimento, as propriedades do solo podem ser alteradas, e com 5 a 10% de cimento, o comportamento do solo pode ser similar ao do concreto magro. A eficácia dessa

técnica depende de fatores como quantidade de cimento, porosidade, teor de umidade e tipo de solo (Rosa, 2010).

A introdução de cimento altera significativamente as propriedades do solo, com a intensidade dessas mudanças dependendo de variáveis como percentual de cimento, quantidade de água, compactação e temperatura (Feuerharmel, 2000). O DNIT define o solo-cimento como uma mistura de solo, cimento e água em proporções determinadas, com foco em resistência e durabilidade.

No estudo de Junior (2022), foi avaliada a melhoria de um solo coesivo friccional com cimento Portland em Passo Fundo/RS, utilizando diferentes porcentagens de cimento (3%, 6%, 9% e 12%). O autor destaca a importância do teor de umidade para otimizar a reação pozolânica do composto. Ferreira (2003) investigou a resistência à compressão e a absorção de água em solo-cimento com 10% de cimento Portland, encontrando, aos 7 dias de cura, uma resistência média de 2,0 MPa e absorção de água de 12%.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE SOLO RESIDUAL DE BASALTO COM ADIÇÃO DE FIBRA DE COCO E CIMENTO CP-V ARI

O solo coletado foi coletado na cidade de Medianeira – PR, e é denominado como latossolo, mais precisamente solo residual de basalto. A coleta foi realizada as margens da rodovia PR-495 Km 27,4 – Linha Alto Alegria.

Para a definição da caracterização do solo foi necessário realizar os ensaios preliminares conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização do solo.

ENSAIO	NORMA
Determinação do limite de liquidez	ABNT NBR 6459/2017
Determinação do limite de plasticidade	ABNT NBR 7180/2016
Determinação da massa específica	ABNT NBR 6508/1984
Determinação de matéria orgânica	ABNT NBR 13600/1996
Análise granulométrica	ABNT NBR 7181/2018

Fonte: Autora, 2024.

Durante a realização dos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade, observou-se que o solo é predominantemente fino, conforme demonstrado pelos resultados apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1 - Resultados dos Ensaios.

solo residual basáltico	Limite de liquidez	Limite de plasticidade	Índice de plasticidade
	58%	27%	31%

Fonte: Autora, 2024.

O ensaio de compactação do solo foi realizado utilizando o método de compactação com MINI MCV de Nogami e Villibor, seguindo a sequência de golpes da Série de Parsons:

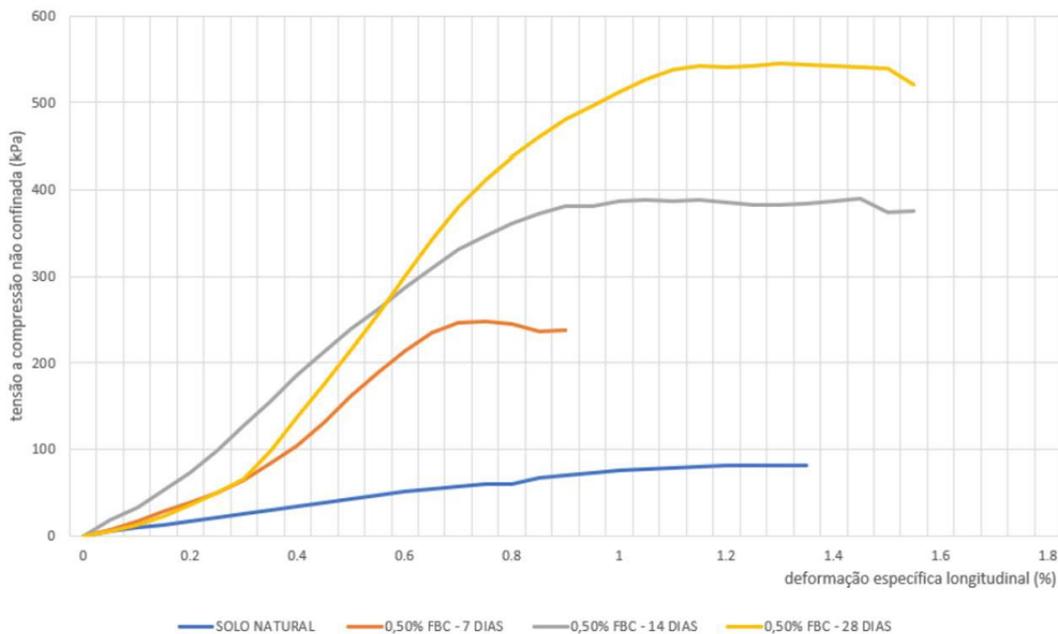
1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 128, 192 e 256, com o número de golpes sendo cumulativo. Com isso, foi determinado que a massa específica aparente seca do solo é de $1,146\text{g/cm}^3$ e o teor de umidade ótimo é de 30,40%.

O processo de confecção dos compósitos com adição de fibra de coco seca e cimento CP-V foi realizado da seguinte maneira: o solo foi preparado de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 2016) e umedecido até alcançar a umidade ótima. Em seguida, foi ensacado em duas camadas de sacos plásticos, com o objetivo de garantir uma hidratação completa de toda a amostra e evitar a evaporação, sendo armazenado em laboratório por um período de 24 horas. Após esse período, a fibra e o cimento foram adicionados na quantidade específica, calculada com base no peso do solo seco. A mistura foi homogeneizada, e os corpos de prova foram compactados utilizando o compactador de mini-MCV, seguindo-se ao ensaio de compressão não confinada. Os teores adotados para a confecção dos compósitos foram de 0,50%, 0,75% e 1% DE fibra de coco seco e 9% de cimento, fundamentados em resultados satisfatórios obtidos por outros autores, sendo o rompimento realizado com tempo de cura de 7, 14 e 28 dias.

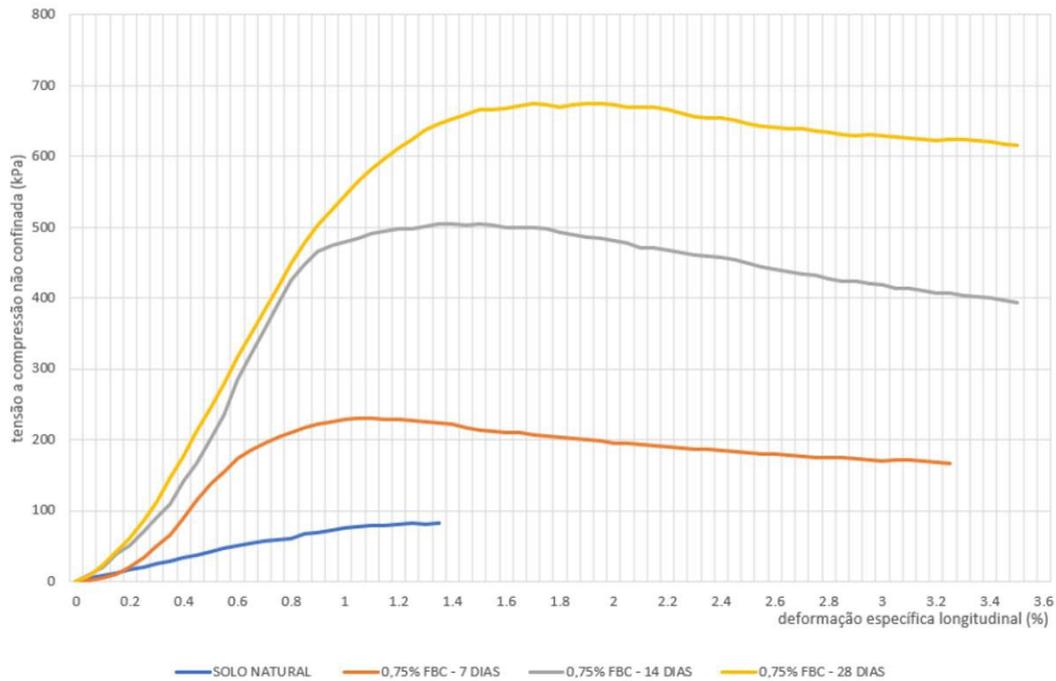
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao examinarmos o desempenho médio dos compósitos com adição de 0,50%, 0,75% e 1% de fibra de coco em relação ao tempo de cura e sua comparação com o solo natural no gráfico de tensão-deformação, verificamos que, à medida que aumenta a quantidade de aditivo e o tempo de cura, as amostras apresentam deformações progressivamente reduzidas. Conforme evidenciado no gráfico 27, 28 e 29, as misturas com tempo de cura reduzido demonstram deformações mais pronunciadas.

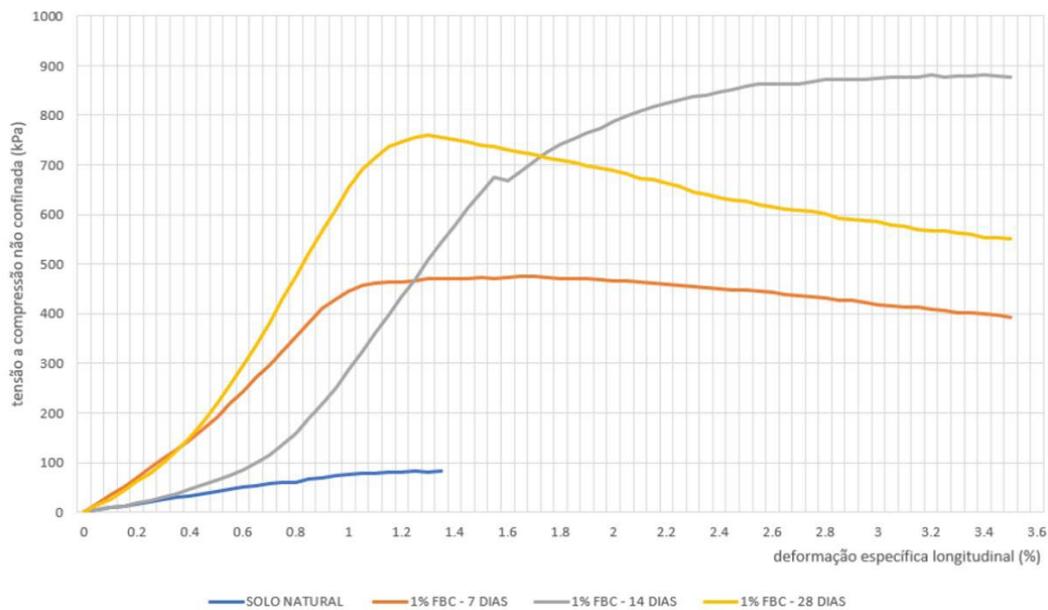
Gráfico 1 - Comparativo tensão-deformação com adição de fibra de 0,50%.



Fonte: Autora, 2024.

Gráfico 2 - Comparativo tensão-deformação solo com adição de 0,75% de fibra de coco.

Fonte: autoria própria, 2024.

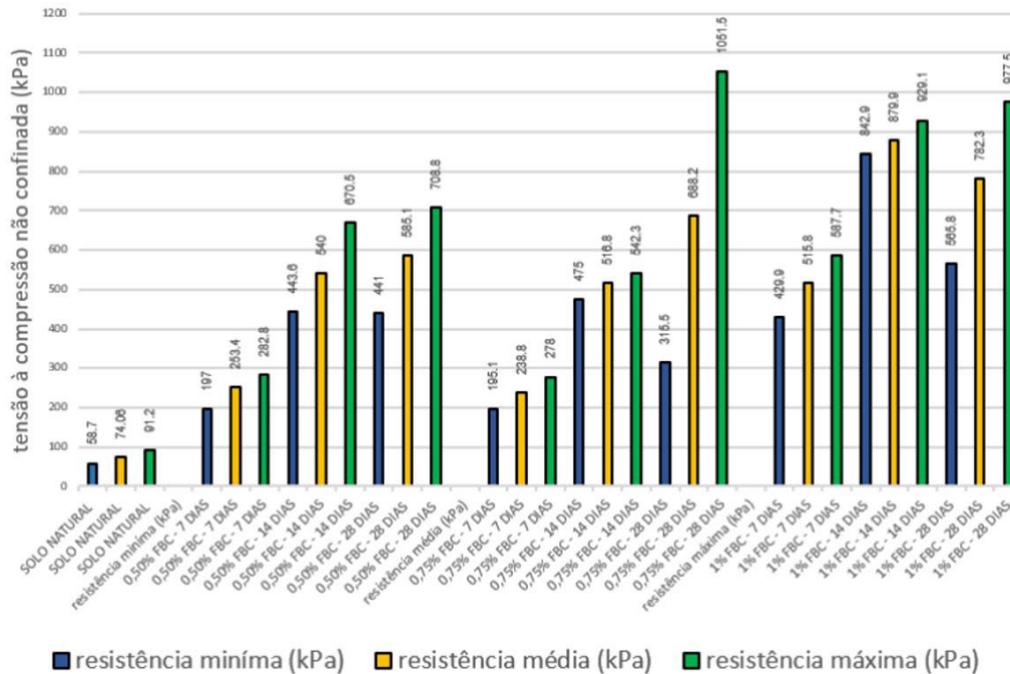
Gráfico 3 - Comparativo de tensão-deformação solo com adição de 1% de fibra de coco.

Fonte: autoria própria, 2024.

A inclusão de fibras de coco altera significativamente o comportamento do solo natural, uma vez que essas fibras aumentam a resistência pós-pico e induzem um comportamento de amolecimento por deformação na mistura, controlando e mitigando a tensão por meio da transferência de carga das fissuras para as fibras (Bentur e Mindess, 2007). Esse comportamento é evidenciado nos gráficos acima, que mostra que, inicialmente, a amostra atinge a resistência máxima à medida que a deformação é aumentada. Em seguida, observa-se uma leve redução na força, enquanto o aumento da tensão resulta na mobilização das fibras e na transferência de tensão através das fissuras. Yadav e Tiwari (2016) relataram uma tendência semelhante na incorporação de fibras de coco em solo

argiloso estabilizado, atribuindo a redução observada em altos teores de fibras à diminuição da interação entre solo e fibra, juntamente com o aumento da interação entre as fibras. Conforme previamente indicado por Gray e Ohashi (1983), ao examinar a resistência no pós-pico, a comportamento de solos reforçados em relação à resistência concluiu que a incorporação de fibras diminui a diminuição da resistência pós-pico.

Gráfico 4 - Análise comparativo por teor de aditivo.



Fonte: Autora, 2024.

Em relação ao ensaio de tensão a compressão não confinada, nota-se, conforme esperado, que o aumento do teor de fibras influi diretamente no aumento de resistência. Para o solo e fibra estudados, observa-se um ganho de resistência significativo entre os teores de 0,5 e 1,0%. Quando se adicionam fibras com resistência e módulo de elasticidade adequados em proporções apropriadas, o compósito deixa de ter um caráter marcadamente frágil. Isso se deve ao fato de que a fibra atua como uma ponte para a transferência de tensões através das fissuras, minimizando a concentração de tensões nas extremidades. Como resultado, ocorre uma significativa redução na velocidade de propagação das fissuras, conferindo ao compósito um comportamento pseudo-dúctil, ou seja, uma menor fragilidade. Em outras palavras, o material apresenta uma capacidade resistente após a fissuração. Assim, a utilização de fibras pode levar a uma diminuição na fissuração do compósito, o que recomenda sua aplicação em diversas situações. Uma das características do reforço proporcionado pelas fibras é sua distribuição aleatória no material, o que confere resistência a toda a peça. Essa propriedade é especialmente relevante em estruturas contínuas, como pavimentos, onde as tensões de tração variam em diferentes locais da peça ao longo do dia (Figueiredo, 2011).

O estudo avaliou as adições de 0,50%, 0,75% e 1% de fibra de coco seco, juntamente com 9% de cimento CP-V no solo residual de basalto, a fim de obter dados sobre a influência do aditivo no ganho de resistência à compressão. Após a realização dos ensaios e da pesquisa sobre o tema, constatou-se que ambas as adições contribuíram

significativamente para o aumento da resistência. Ao analisar os resultados dos gráficos de tensão à compressão não confinada, observou-se que a adição de 0,50% de fibra de coco, após 7 dias de cura, resultou em um aumento significativo na resistência, cerca de 342%, em comparação com o solo natural. Quando este comparativo foi realizado em relação ao tempo de cura, verificou-se uma melhoria ainda mais expressiva, com um aumento de 789% aos 28 dias. Para a adição de 0,75% de fibra, a resistência aumentou em 928% após 28 dias de cura. Além disso, na adição de 1% de fibra, observou-se um incremento de 1.187% na resistência após 14 dias de cura, em comparação com o solo de referência. Um ponto relevante a ser destacado é que o aumento na proporção de fibra está diretamente associado ao incremento da resistência do solo. Essa relação é particularmente notável no solo residual de basalto, que apresenta características argilosas e uma quantidade significativa de material fino. A adição de fibra e cimento resulta na formação de ligações mais robustas entre as partículas, criando uma estrutura interligada dentro do compósito. Ademais, a compactação desempenha um papel crucial na redução dos vazios na amostra, aumentando sua resistência a tensões elevadas. A escolha da porcentagem de adição tem um impacto significativo nos ganhos de resistência observados. À medida que o tempo de cura avança, as diferenças entre as porcentagens de adição tornam-se mais evidentes, resultando em resistências mais distintas. Ao analisarmos uma mesma porcentagem de adição em diferentes tempos de cura, observou-se uma melhoria na resistência: na adição de 0,50% de fibra, houve um aumento de 230% na resistência ao comparar os períodos de 7 e 28 dias de cura; na adição de 0,75% de fibra, a melhoria foi de 266%; e na adição de 1% de fibra, o aumento na resistência foi de 189% em relação ao tempo de cura. Esses resultados sugerem que, para a porcentagem específica de 1% de fibra de coco seco, o ganho de resistência continua a aumentar exponencialmente após o sétimo dia de cura, com essa diferença sendo significativa. Assim, conclui-se que a porcentagem de adição desempenha um papel crucial na evolução da resistência ao longo do tempo de cura. Dessa forma, verifica-se que a adição de 0,50% de fibra de coco seco ao solo residual de basalto proporciona melhorias significativas nas resistências. Contudo, ao aumentar essa porcentagem, a melhora na resistência é ainda mais acentuada. Ao comparar as médias de resistência entre as adições de 0,50% e 1% de fibra, após 28 dias de cura, observou-se um incremento de 133% na resistência. Isso torna a aplicação desse método de melhoramento tecnicamente viável para o solo residual de basalto em diversas áreas da engenharia.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770**. Determinação da resistência à compressão não confinada. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**. Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**. Agregado miúdo – Determinação do limite de liquidez. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**. Solos e rochas – Terminologia. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**. Determinação da massa específica. 1984.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**. Determinação do limite de plasticidade. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**. Análise granulométrica. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**. Ensaio de compactação. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12253**. Solo-cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento – Procedimento. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**. Cimento Portland – Requisitos. 2018.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas aplicações: Fundamentos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC–Livros Técnicos e Científicos Editoria SA, 2015.
- GUSMÃO, L. R. C. de; JUCÁ, J. F. T. **Influência de ciclos secagem-molhagem na resistência ao cisalhamento de solo puro e mistura com fibras de coco verde**. São Paulo: Editora Cubo, 18 ago. 2022.
- OLIVEIRA, A. I. de *et al.* **Comportamento geotécnico de misturas compactadas de solos argilosos com fibras**. São Paulo: Editora Cubo, 18 ago. 2022.
- CONCEIÇÃO, M. P. da S. *et al.* **Fiber reinforcement effectiveness in two different sand specimens**. *Soils and Rocks*, v. 46, n. 2, p. 1-12, 1 abr. 2023.
- BRAUS, Guilherme Bravo. **Uso de Solo-Cimento em solos argilosos para pavimentação**. In: Congresso Brasileiro De Mecânica Dos Solos E Engenharia Geotécnica, 2020, Campinas, SP. Anais... Campinas: [s.n.], 2020.
- THANUSHAN, K.; SATHIPARAN, N. **Mechanical performance and durability of banana fibre and coconut coir reinforced cement stabilized earth blocks**. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3891469>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- AZEVEDO, Calebe Araújo *et al.* **Melhoramento de Solos com Cimento Portland: uma revisão**. In: Simpósio De Prática De Engenharia Geotécnica Na Região Centro-Oeste, 2019, Brasília. Anais... Brasília: [s.n.], 2019.
- WIDIANTI, A.; DIANA, W.; ALGHIFARI, M. R. **Shear Strength and Elastic Modulus Behavior of Coconut Fiber-Reinforced Expansive Soil**. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1144, n. 1, p. 012043, 1 maio 2021.
- REIS, A. **Análise do comportamento mecânico de solo reforçado com fibra de coco**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2022.
- FAUSTINO, W. **Análise do comportamento hidromecânico e o processo de formação de fissuras de solo expansivo reforçado com fibras do coco verde**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.
- BOLAÑOS, R. **Comportamento mecânico de um solo argiloso reforçado com fibras de coco**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Capítulo 10

Aplicação da Metodologia BIM a um Projeto Elétrico Residencial Unifamiliar

Matheus Santos Marques

Engenheiro Eletricista, Universidade Paranaense – Unipar

Emanuel Vedovetto Santos

Engenheiro Eletricista, Universidade Estadual de Maringá – UEM

Katia Palma Matias

Bióloga, Universidade Paranaense – Unipar

Paschoal Molinari Neto

Engenheiro Eletricista, Universidade Federal da Bahia - UFBA

RESUMO

Nos dias atuais, a elaboração de projetos de edificações, utilizando a metodologia BIM (traduzido do inglês Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção) tem resolvido muitos problemas de incompatibilidades entre projetos, assim como, redução de custos e prazos no processo executivo, das edificações projetadas fazendo o uso desta metodologia propriamente dita. Portanto este trabalho apresenta por meio de um estudo de caso, o processo de desenvolvimento de um projeto elétrico para uma residência de aproximadamente 150 metros quadrados utilizando a metodologia BIM, tendo como palco para a elaboração deste projeto o software Revit da Autodesk e utilizando os fundamentos normativos estabelecidos pela NBR 5410:2004. Alcançando como resultado, um projeto elétrico residencial em conformidade com o disposto na norma propriamente dita, assim como, compatibilizado e integrado com o projeto de arquitetura da residência, além disso, foi possível obter uma qualidade e precisão muito superior a metodologia de elaboração de projetos CAD em 2D.

Palavras-chave: projeto elétrico; BIM; autodesk revit; compatibilização.

INTRODUÇÃO

O processo de construção de uma edificação atualmente, como apresentado por Eastman (2014) depende principalmente de meios de comunicação, vários projetos individuais, sem que haja uma integração entre eles. O fato de serem realizados desta forma, traz consigo várias consequências, dentre elas custos imprevistos, atrasos no cronograma e litígios judiciais entre os participantes do processo construtivo de um empreendimento.



A construção de edificações mais elaboradas, com orçamentos mais rigorosos, requer a elaboração de um projeto mais organizado e com uma precisão maior, assim como uma comunicação mais assertiva entre os envolvidos para o desenvolvimento do mesmo com êxito (Campestrini, 2015). Conforme citado por Campestrini (2015) em CAD (Desenho assistido por computador) a compatibilização entre projetos é imprecisa e pouco eficiente, devido ao fato de a mesma ter de ser realizada de forma manual contando apenas com a habilidade do profissional em localizar as incompatibilidades do projeto.

À luz do exposto o objetivo deste trabalho é apresentar por meio de um estudo de caso, o processo de desenvolvimento de um projeto elétrico de uma residência térrea com aproximadamente 150 metros quadrados, contendo os seguintes ambientes: garagem, sala de TV, cozinha, área gourmet, lavanderia, 2 banheiros sociais, 2 quartos e uma suíte, aplicando a metodologia BIM (traduzido do inglês *Building Information Modeling* - Modelagem da Informação da Construção), sendo utilizado para tal o software Revit da Autodesk. Expondo no término do projeto a planta baixa com a locação dos pontos e linhas elétricas, quadro de cargas, diagrama unifilar e detalhamento 3D da instalação elétrica no geral.

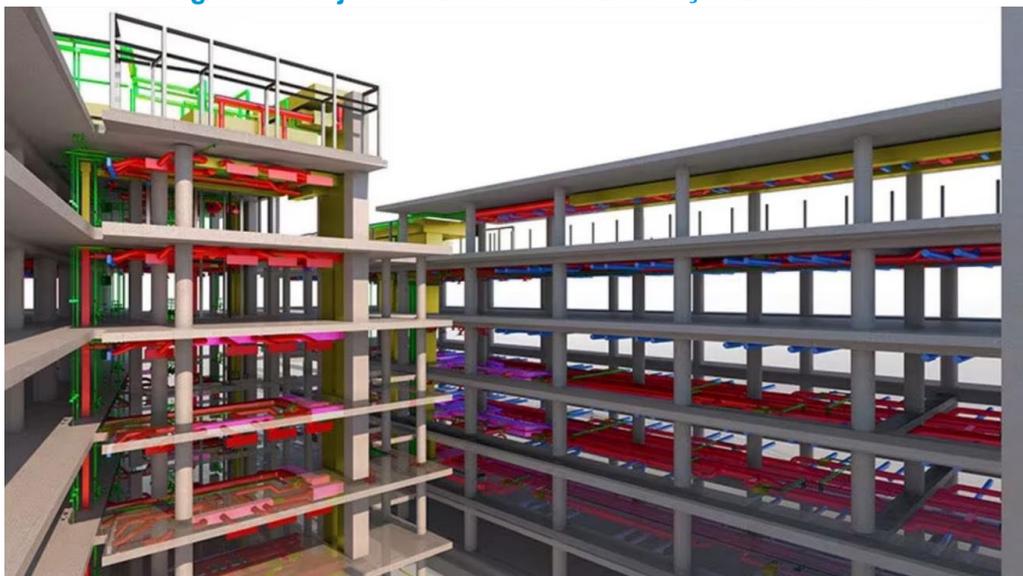
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Contexto Histórico

Segundo Diniz (2013 p. 262 *apud* Lachi, 2016 p. 45), a evolução do processo automotivo de projetos, antes feitos em pranchetas, se deu com o surgimento do CAD (projeto assistido por computador). Com o objetivo de substituir o trabalho manual, direcionando mais tempo para que o planejamento e a documentação sejam feitos de forma mais eficiente. Desde 1960, com a utilização do CAM (manufatura assistida por computador) e do CAD, a equipe de projetos passa a ser capaz de produzir formas geométricas complexas com maior exatidão, permitindo a mesma trabalhar de forma simultânea.

O Que é BIM

Segundo Eastman (2014) o programa BIM é uma tecnologia que possibilita a construção de uma edificação de forma computacional, que quando finalizada, expõe a geometria exata e todos os dados necessários para a realização da construção, gerando assim maior eficiência em todos os processos construtivos da edificação, em outras palavras, menor custo e prazo para a execução completa da obra.

Figura 1 - Projeto em BIM de Uma Edificação Elaborada.

Fonte: autoria própria, 2023.

A figura 1 expõe de forma nítida os principais sistemas que compõe a construção de uma edificação, sendo eles: Estrutura da edificação, instalações hidráulicas, elétricas e de climatização.

Paramétrico

A compreensão do que são objetos paramétricos é essencial para o entendimento da metodologia BIM. Sendo assim, em sua obra, Eastman (2014), os define do seguinte modo:

- São dados, regras e definições geométricas correlacionados;
- O desenho precisa ser mostrado de forma não redundante, sem permitir contradições e não pode ter dimensões falsas.
- As regras paramétricas para objetos (por exemplo: porta, interruptor, etc.) transformam reflexamente a forma do modelo construído.
- Os objetos podem ser separados em diferentes níveis de incorporação e também podem ser administrados em qualquer número de nível hierárquico. Assim sendo, se o valor de um subelemento muda, o valor do elemento como um todo também será alterado.
- As regras dos objetos reconhecem quando algo não está viável referente a tamanho, construtibilidade, etc. não permitindo a aplicação da ação sob a construção.
- Os objetos têm a capacidade de vincular-se, adquirir, transmitir e exportar características para outros protótipos.

Interoperabilidade

As aplicações computacionais têm facilitado o projeto e a construção de uma edificação, disponibilizando o desenho da construção juntamente com os materiais a serem

utilizados, além de disponibilizar análises estruturais e de energia, estimativa de custos, questões de fabricação e planejamento da construção. A interoperabilidade é definida como a capacidade de comunicação de dados entre sistemas. A mesma é extremamente útil pois extingue a necessidade de reproduzir novamente os dados que já foram processados (Eastman, 2014).

Eastman (2014), diz que o método de integração foi desenvolvido para facilitar o trabalho das grandes equipes. Como o próprio nome já diz, é um método que visa compartilhar os sistemas e dados usados pelos colaboradores ao invés de juntar todos os grupos em uma única plataforma. Assim sendo, o setor público tem grande interesse em utilizar desse método afim de evitar que uma única empresa seja proprietária do programa e todas as outras tenham que usar desse mesmo programa, não permitindo assim o compartilhamento de dados em diferentes sistemas (Eastman, 2014).

Normatização

No Brasil, duas ações relacionadas à normatização da metodologia BIM estão sendo feitas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (Campestrini, 2015).

Campestrini (2015) relata que o Grupo de Trabalho de Componentes BIM da Comissão de Estudo de Modelagem da Informação da Construção (ABNT/CEE-134) ocupa-se em igualar os itens BIM para que todos os usuários do método os usem como padrão e que a norma NBR 15965 está sendo desenvolvida para definir vários parâmetros importantes, assim como estabelecer um padrão para o desenvolvimento das várias atividades englobadas pela metodologia BIM. Isso quer dizer que, na realidade, as etapas do projeto, desde o planejamento até a elevação da edificação, estão sendo igualadas, para todos os usuários, favorecendo a permuta de dados entre as partes envolvidas de um determinado projeto.

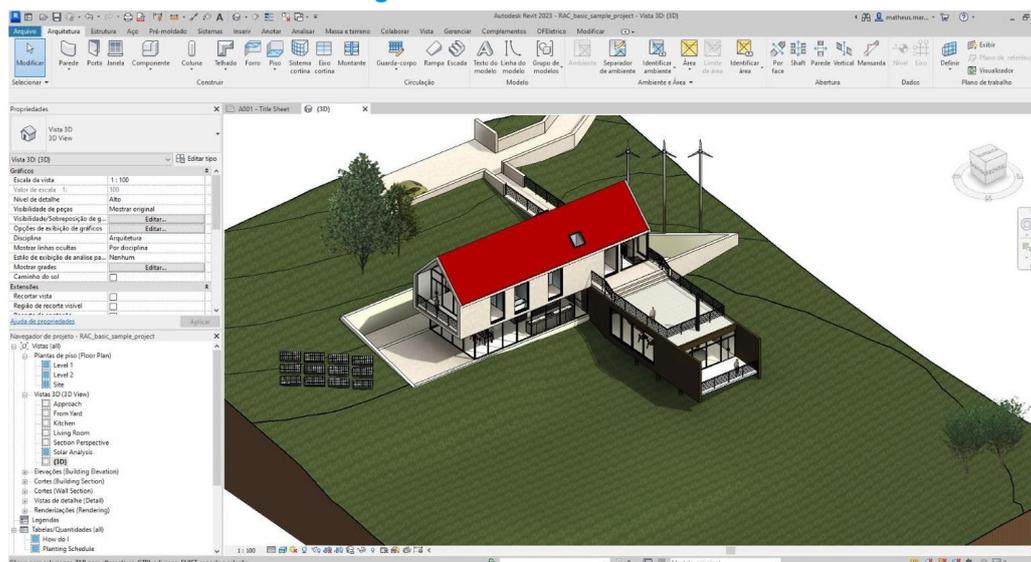
Software BIM

Cada programa BIM é transmitido pelo seu legado, como por exemplo: Dimensão da biblioteca de objetos nos quais possam ser aplicados nos projetos; Precificação; Forma de trabalho com relação a geração de arquivos (há softwares que trabalham com um único arquivo e outros no quais vão gerando vários de acordo com a necessidade do projeto); Praticidade para geração de detalhamentos do projeto; Interfaces suportadas; Nível de dificuldade de aprendizado (Eastman, 2014).

Revit

O programa Revit Architecture da Autodesk é o principal software usado no mercado em projetos arquitetônicos, não tendo nenhuma ligação com o AutoCAD pelo fato de que suas estruturas são totalmente diferentes. O programa foi inserido no ramo da computação no ano de 2002, pela Autodesk, e é um conjunto de produtos que integra o Revit Structure e o Revit MEP. O mesmo abrange interfaces gbXML para simulação de vários parâmetros físicos, ainda conta com a capacidade de importar modelagem realizadas no software SketchUp, e outros sistemas que exportam arquivos DXF (Eastman, 2014).

Figura 2 - Interface do Revit.



Fonte: autoria própria, 2023.

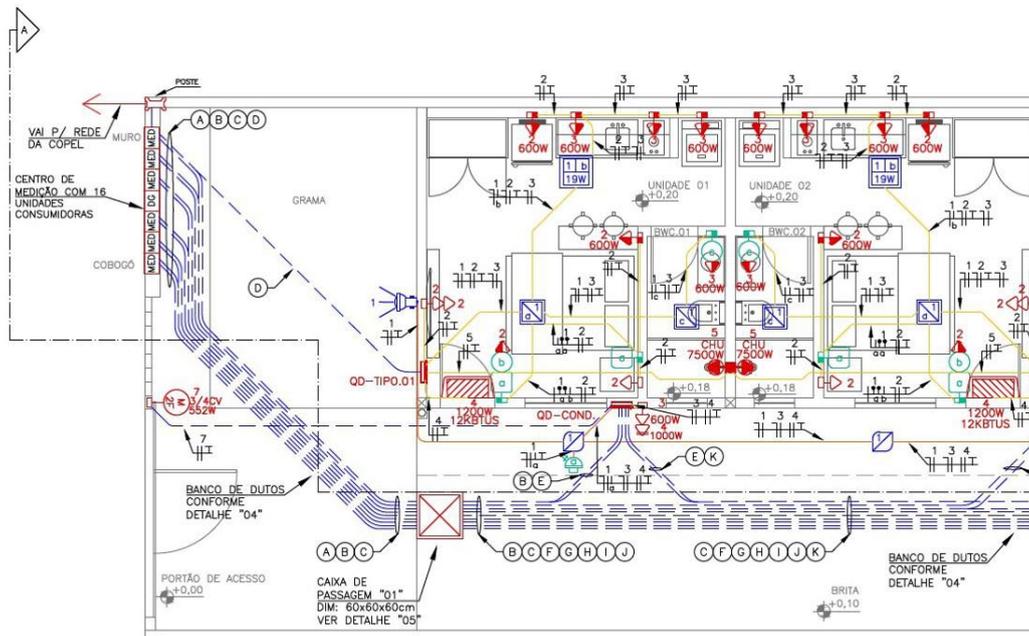
Na figura 2, é possível observar que o Revit dispõe de tradução para o idioma brasileiro, facilitando assim o entendimento das funções de cada ferramenta nativa do programa, além disso, as ferramentas estão todas agrupadas conforme o tipo de construção que se deseja realizar.

Projeto Elétrico

Cervelin (2008) afirma que o projeto elétrico nada mais é que a exibição detalhada da instalação, cujo o qual tem por objetivo quantificar e determinar os tipos e a localização dos pontos de utilização de energia elétrica, assim como dimensionar e definir os dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica, os atributos, a seção e o trajeto dos condutores e eletrodutos e por fim a calcular a quantidade de materiais necessários para a execução da instalação elétrica propriamente dita.

A figura 3, ilustra parcialmente alguns componentes do projeto elétrico, como por exemplo: A infraestrutura, indicações de fiação e posicionamento dos pontos de passagem e dos pontos de utilização de energia elétrica.

Figura 3 - Planta Baixa de Um Projeto Elétrico Predial.



Planta Baixa: Pavimento Térreo

Escala: 1/75

Fonte: autoria própria, 2023.

ABNT NBR-5410 de 09/2004

A NBR-5410 de 09/2004, é uma norma brasileira pertencente a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) cuja a qual foi elaborada no comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03) por meio da Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE-03:064.01) (NBR 5410/2004 (ABNT, 2004).

Conforme a NBR 5410/2004 (ABNT, 2004), a norma em questão regulamenta a forma na qual as instalações elétricas de baixa tensão devem ser projetadas e executadas, afim de que, a instalação propriamente dita não traga consigo riscos às pessoas e animais que ali habitam, e que ainda, possa atender da forma correta os pontos de utilização de energia elétrica da edificação portadora da instalação.

Definição da Carga de Iluminação

A NBR 5410:2004 diz que em cada apartamento da construção deve ser calculado pelo menos um ponto de luz fixo no teto, controlado por um interruptor. Na definição das cargas de iluminação pode ser utilizado o seguinte critério:

[...] a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;

b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60VA para cada aumento de 4 m² inteiros (NBR 5410, 2004, p. 183).

Pontos de Tomada

A quantidade de pontos de tomada deve ser estipulada de acordo com a finalidade do lugar e dos aparelhos elétricos que vão ser utilizados. A NBR 5410:2004 enfatiza a atenção aos seguintes parâmetros:

[...] a) Em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório;

b) Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;

c) Em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;

e) Em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

-um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;

-um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;

-um ponto de tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível (NBR 5410, 2004, p. 183).

A NBR 5410:2004 regulamenta que a potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é dada em função dos equipamentos que ela poderá vir a alimentar e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

[...] a) Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;

b) Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100VA por ponto de tomada (NBR 5410, 2004, p. 184).

Divisão dos Circuitos

Conforme NBR 5410/2004, qualquer ponto que seja destinado a atender um único aparelho, cujo o qual possui uma corrente nominal acima de 10 Amperes, precisa ser atendido de forma exclusiva, sendo assim, deverá ser dimensionado um circuito separado para a devida alimentação do aparelho propriamente dito.

A norma NBR 5410/2004 (ABNT, 2004) deixa claro que os pontos de utilização de energia situados em áreas molhadas da edificação, tais como: cozinhas, banheiros, área de serviços, dentre outros locais similares, necessitam de circuitos separados do restante da instalação, sendo estes locais, atendidos por circuitos específicos para este fim.

Seleção de Dispositivos de Proteção

Segundo Cervelin (2008), os dispositivos de proteção são extremamente importantes para a instalação elétrica, pois eles são os responsáveis por garantir o funcionamento seguro da instalação, não deixando que acidentes causados por mudanças na rede venham a trazer algum prejuízo material ou até mesmo que ofereçam risco à vida dos ocupantes da edificação. Portanto, visto a grande importância dos dispositivos é de extrema relevância ter um sistema de proteção efetivo para preservar a edificação e a vida de seus habitantes.

Disjuntor Termomagnético

A NBR 5410:2004 define o disjuntor termomagnético como um dispositivo mecânico que se mantém de forma estática e que subitamente ele precisa interromper correntes elétricas com potência muito maior que a corrente nominal, no menor tempo possível.

A NBR 5410:2004 frisa que para a efetiva proteção dos condutores contra sobrecargas, se faz necessário o dimensionamento dos disjuntores, de forma que seja satisfeito os seguintes critérios:

[...] a) $IB \leq I_n \leq I_z$; e

$I_2 \leq 1,45 I_z$

Onde:

IB é a corrente de projeto do circuito;

I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua; instalação (ver 6.2.5);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção;

I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores (NBR 5410, 2004, p. 63).

Interruptor Diferencial Residual

A NBR 5410:2004 define o interruptor diferencial residual como um dispositivo de proteção adicional, cujo qual, realiza a interrupção imediata da corrente elétrica no ato da identificação de uma corrente de fuga.

Conforme a NBR 5410:2004, as situações em que o uso do dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade, usado como proteção adicional, é obrigatório seguem listadas:

[...] a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro

b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;

c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;

d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens (NBR 5410, 2004, p. 49).

Dispositivo de Proteção Contra Surtos

A NBR 5410:2004 conceitua os dispositivos de proteção contra surtos como aparelhos que protegem a edificação contra sobretensões transitórias, mantendo sem danos às linhas elétricas e de sinal.

A respeito dos DPS's a NBR 5410/2004 (ABNT, 2004) afirma o seguinte:

[...] os DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base no mínimo nas seguintes características: nível de proteção, máxima tensão de operação contínua, suportabilidade a sobretensões temporárias, corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso e suportabilidade à corrente de curto circuito. Além disso, quando utilizados em mais de um ponto da instalação (em cascata), os DPS devem ser selecionados levando-se em conta também sua coordenação (NBR 5410, 2004, p. 132).

Dimensionamento de Condutores

Segundo a NBR 5410:2004 a seção dos condutores deve ser determinada de forma que sejam atendidos todos os seguintes critérios:

[...] a) a capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito, incluindo as componentes harmônicas, afetada dos fatores de correção aplicáveis;

b) a proteção contra sobrecargas;

c) a proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas;

d) a proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação em esquemas TN e IT, quando pertinente;

e) os limites de queda de tensão;

f) as seções mínimas indicadas na tabela 01 (NBR 5410, 2004, p. 113).

Tabela 1 - Seções mínimas de condutores.

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
	Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾	
	Circuitos a extra-baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu	

¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas
²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.
³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: NBR-5410:2004.

Dimensionamento de Eletrodutos

Segundo a NBR 5410:2004 os eletrodutos devem possuir seções internas, de modo a permitir que os trabalhos de instalação e remoção dos condutores sejam realizados de forma prática e sem grandes dificuldades. Sendo que para tal, deve ser seguido as sentenças abaixo:

[...] a) a taxa de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a:

53% no caso de um condutor; 31% no caso de dois condutores;

40% no caso de três ou mais condutores;

b) os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90° (NBR 5410, 2004, p. 120).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho em questão, além das informações básicas e do software BIM citado nas referências bibliográficas, foi utilizado como base de tudo um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar, em conformidade com descrição dada na introdução deste trabalho propriamente dito. Também foi utilizado um template específico para a elaboração de projetos elétricos no software Revit da Autodesk versão de 2023 de estudante, onde neste template é ofertado diversos itens imprescindíveis para a elaboração do projeto elétrico.

Conhecimentos Específicos

A utilização do software Revit da Autodesk, demanda um conhecimento específico para o seu devido uso, sendo assim, foi indispensável para o desenvolvimento do projeto, a realização de um treinamento para o uso do mesmo com o intuito de familiarizar-se com as funções do mesmo e obter uma maior agilidade na conclusão das etapas do projeto.

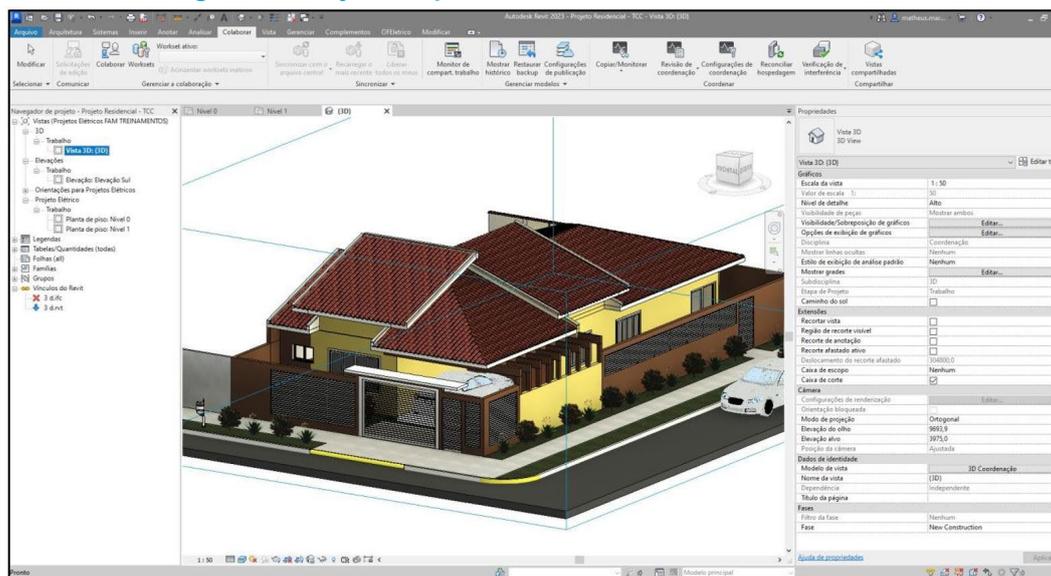
Objeto

Trata-se de um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar, cedido por um engenheiro civil, afim de possibilitar o desenvolvimento deste trabalho acadêmico. Segue abaixo uma descrição mais detalhada acerca deste projeto:

- Tipo de Projeto: Arquitetônico;
- Formato do projeto: IFC;
- Finalidade: Residencial;
- Área: 150,00 metros quadrados;

- Pavimentos: 1, sendo este denominado pavimento térreo;
- Endereço: Rua Ângelo Triches, Nº 1247, município de Perobal - PR;

Figura 4 - Projeto Arquitetônico da Residência Unifamiliar.



Fonte: autoria própria, 2023.

Cronograma Seguido

Para a devida realização do trabalho, afim de tornar a sua elaboração mais organizada e eficiente, foi seguido a finco as etapas estipuladas pelo cronograma, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma.

Etapas	Descrição das Atividades Desenvolvidas
1	Importação do projeto arquitetônico no Revit e configuração do mesmo
2	Dimensionamento e posicionamento dos pontos de iluminação e tomadas
3	Divisão dos circuitos do projeto e lançamento da infraestrutura
4	Elaboração do quadro de cargas e diagrama unifilar
5	Dimensionamento da infraestrutura e posicionamento de indicação das fiações
6	Elaboração dos detalhes construtivos
7	Elaboração das notas e da lista de símbolos
8	Separação do projeto em vistas de: Planta baixa, corte, isométrica
9	Organização das vistas do projeto nas pranchas e emissão das pranchas.

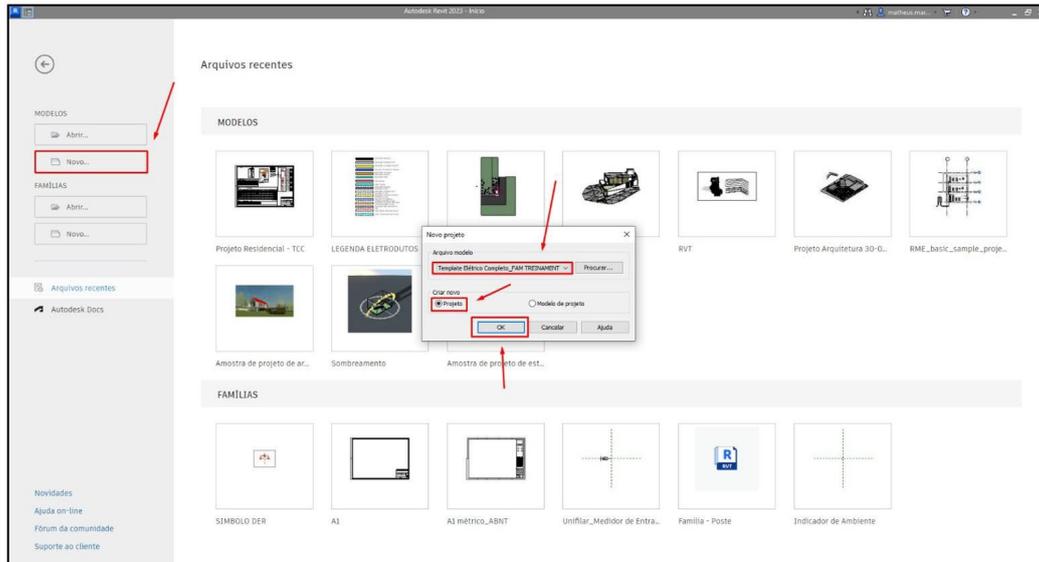
Fonte: autoria própria, 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Importação do Projeto Arquitetônico no Revit e Configuração do Mesmo

A princípio, foi realizado a inicialização do software, criando um arquivo de projeto novo, usando o template específico para a elaboração de projetos elétricos, conforme figura 5.

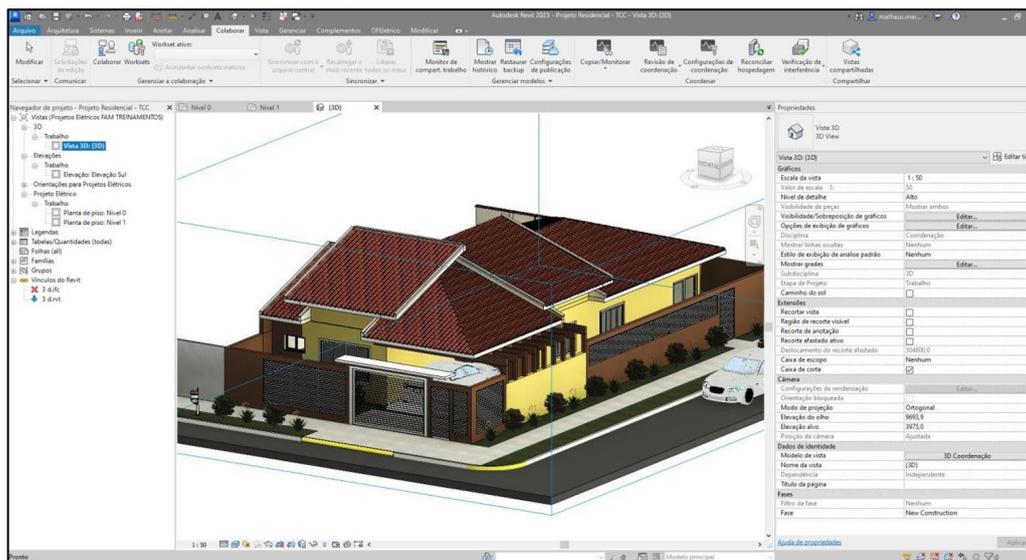
Figura 5 - Criação de Um Novo Projeto no Software.



Fonte: Imagem de autoria própria, 2023.

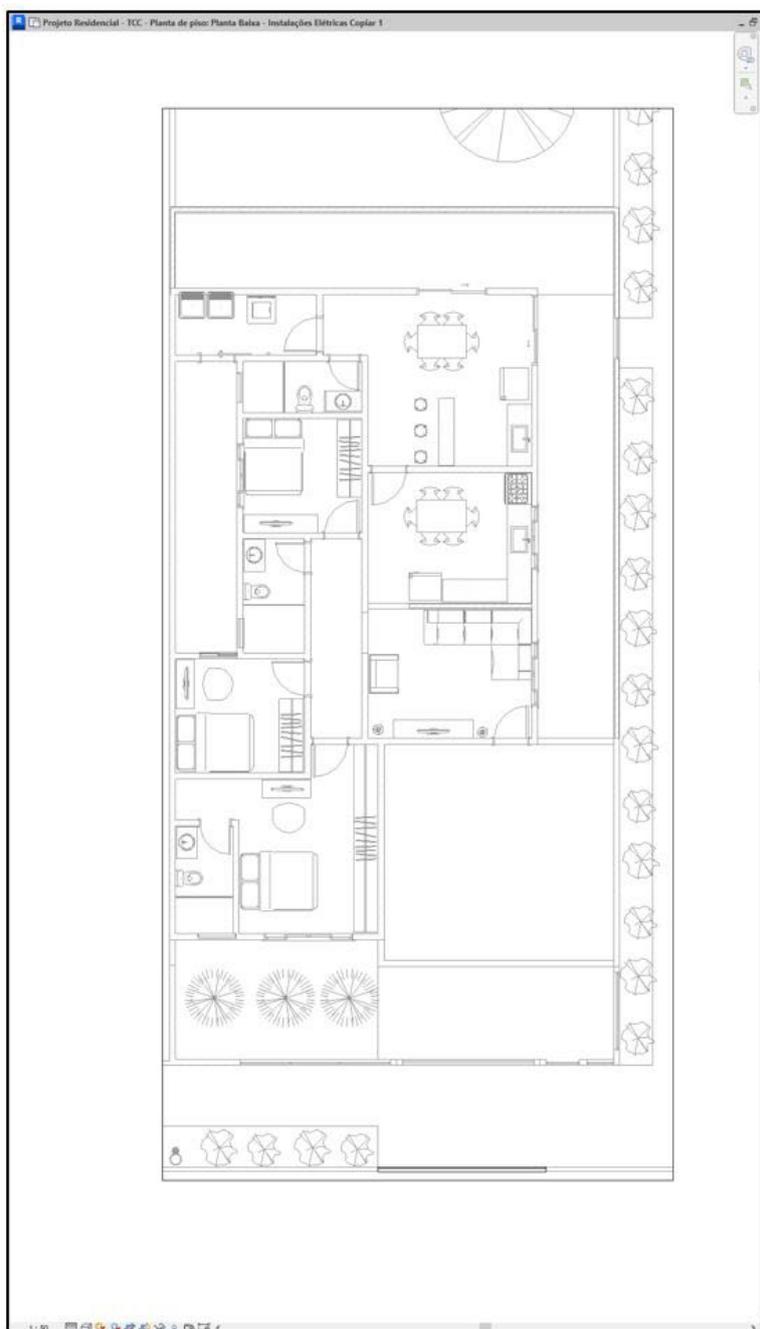
Posteriormente, foi realizado a importação do projeto arquitetônico fornecido pelo engenheiro civil, onde o mesmo foi importado como um vínculo do projeto elétrico a ser desenvolvido. O resultado desta etapa pode ser melhor observado na figura 6.

Figura 6 - Projeto Arquitetônico Importado no Software.



Fonte: autoria própria, 2023.

Logo após, as configurações de unidades e as propriedades de projeto, foram preenchidas de forma adequada para o projeto em questão. Como o Revit trabalha com esquemas de vistas 2D, 3D e plantas, foi necessário realizar a criação de uma planta, afim de que a mesma servisse de base para a elaboração do projeto elétrico propriamente dito. A figura 7 ilustra melhor o resultado da criação desta prancha após a realização das configurações citadas no início deste parágrafo.

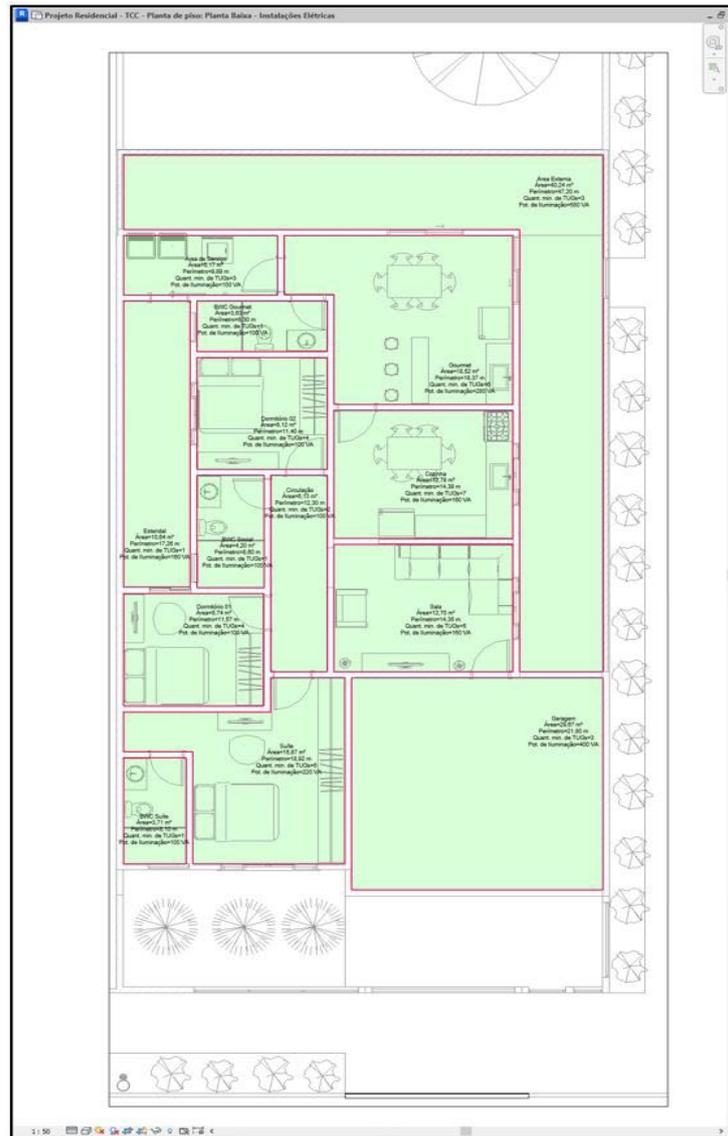
Figura 7 - Planta baixa base para a elaboração do projeto elétrico.

Fonte: autoria própria, 2023.

Dimensionamento e Posicionamento dos Pontos de Iluminação e Tomadas

Usando como base os conhecimentos citados na revisão bibliográfica deste trabalho, foi realizado o dimensionamento e posicionamento dos pontos de iluminação e de tomadas de toda a residência. Onde inicialmente houve a setorização desta residência, a fim de determinar o tipo do ambiente (cozinha, sala, banheiro e entre outros), a área e o perímetro. A consequência destas ações podem ser melhor observadas na figura 8.

Figura 8 - Planta baixa base para a elaboração do projeto elétrico.



Fonte: autoria própria, 2023.

Após a setorização, houve o preenchimento de uma tabela, fazendo referência aos dados de tipo de ambiente, área, perímetro e estabelecendo uma relação entre estas informações e as exigências mínimas normativas citadas na revisão bibliográfica, a cerca da quantidade mínima e potência dos pontos de força e iluminação.

Em alguns ambientes como Área Externa, Garagem, Circulação e Estendal, foi aplicado uma quantidade de pontos de tomada inferior ao estabelecido por norma, devido ao fato de que não haverá equipamentos elétricos permanentes a serem ligados nessas áreas, sendo a sua utilização prevista para a utilização de cargas esporádicas, como por exemplo ferramentas para manutenção ou limpeza da residência.

Outrora, foi aplicado uma quantidade de tomadas superior ao mínimo estipulado por norma, em outros ambientes, afim de que os pontos atendam de forma eficiente a necessidade de cada ambiente propriamente dito. A tabela 3 exemplifica melhor as sentenças citadas acima.

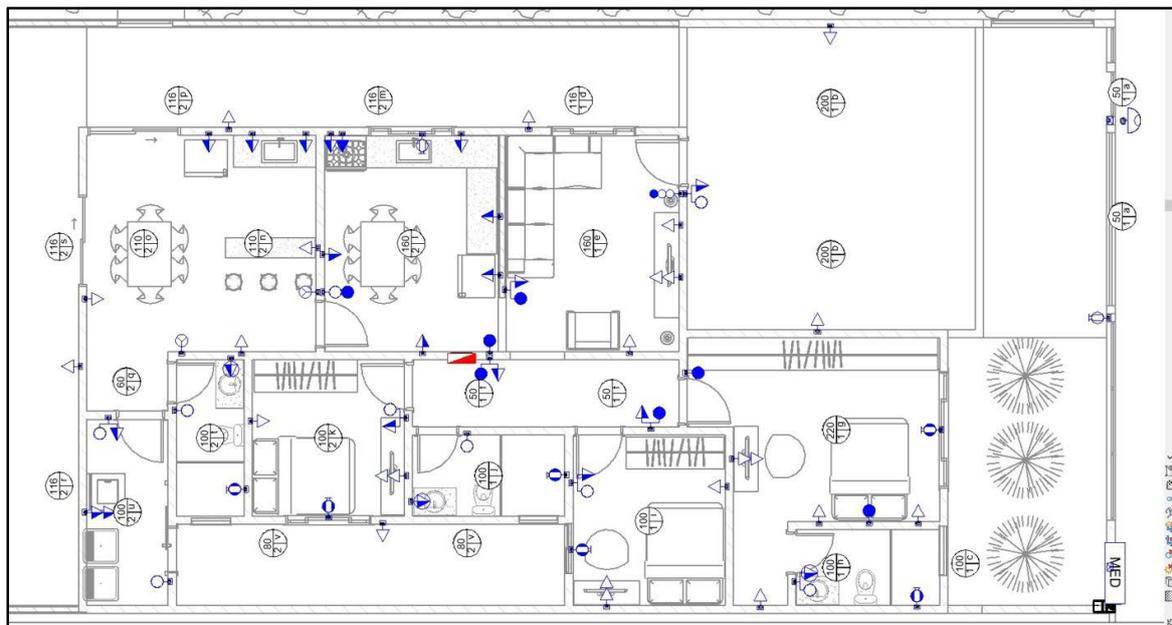
Tabela 3 - Cálculo dos Pontos de Iluminação e Tomadas.

<Cálculo da Potência de Iluminação e Pontos Mínimos de TUGs por ambiente Conforme NBR5410>					
A	B	C	D	E	F
Ambiente	Área (m ²)	Perímetro (m)	Cálculo da Potência de Iluminação (VA)	Cálculo da Qtd.de TUGs	Qtd. Consideradas de TUGs
Área Externa	40,24 m ²	47,2	580	10	3
Área de Serviço	5,17 m ²	9,89	100	3	3
Suíte	15,87 m ²	18,924461	220	4	5
Sala	12,70 m ²	14,35	160	3	5
Gourmet	18,52 m ²	18,374461	280	6	6
Garagem	29,67 m ²	21,797708	400	5	3
Estendal	10,64 m ²	17,26	160	4	1
Dormitório 02	8,12 m ²	11,4	100	3	4
Dormitório 01	8,74 m ²	11,570673	100	3	4
Cozinha	12,79 m ²	14,394503	160	5	7
Circulação	6,13 m ²	12,3	100	3	2
BWC Suíte	3,71 m ²	8,1	100		1
BWC Social	4,20 m ²	8,6	100		1
BWC Gourmet	3,63 m ²	8,3	100		1

Fonte: autoria própria, 2023.

Logo após a definição da quantidade e potência dos pontos, foi realizado o lançamento dos mesmos na planta baixa, conforme ilustra a figura 9.

Figura 9 - Pontos de iluminação e tomada do projeto elétrico.



Fonte: autoria própria, 2023.

Divisão dos Circuitos do Projeto e Lançamento da Infraestrutura

A divisão da instalação seguiu as orientações dispostas na NBR 5410:2004, conforme citado na revisão bibliográfica. O resultado desta divisão pode ser observado na tabela 4.

Tabela 4 - Divisão da instalação.

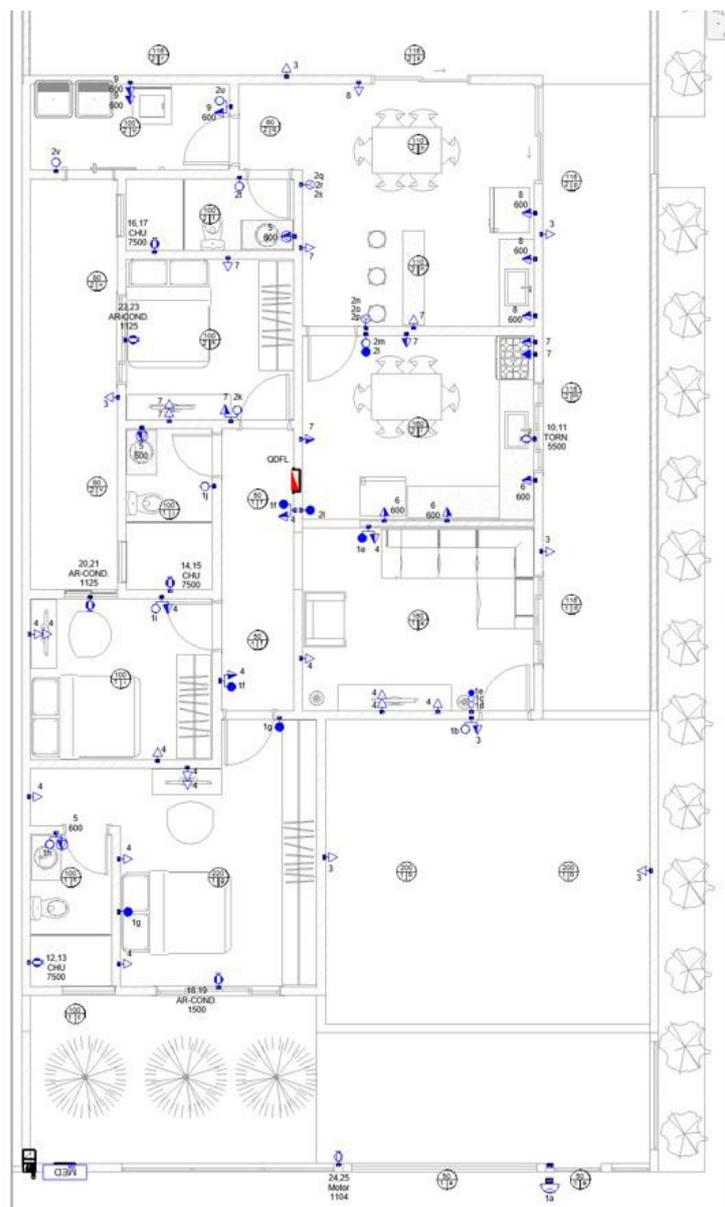
Circuito	Descrição
1	Iluminação 01
2	Iluminação 02
3	TUG - Área Externa
4	TUG - Sala, Circ., Dorm. 01 e ...
5	TUG - BWC Suíte, Social e Go...
6	TUG - Cozinha
7	TUG - Cozinha, Dorm. 02 e Go...
8	TUG - Gourmet
9	TUG - Área de Serviço
10	TUE - Torneira Elétrica
11	
12	TUE - Chuveiro Elétrico Suíte
13	
14	TUE - Chuveiro Elétrico Social
15	
16	TUE - Chuveiro Elétrico Gourmet
17	
18	TUE - Ar Condicionado Suíte
19	
20	TUE - Ar Condicionado Dorm. 01
21	
22	TUE - Ar Condicionado Dorm. 02
23	
24	TUE - Portão Eletrônico
25	

Fonte: autoria própria, 2023.

Uma característica do software, é que ele realiza a numeração dos circuitos baseado na quantidade de fases nas quais ele utiliza, ou seja, se um circuito utiliza apenas 1 fase, logo ele receberá apenas um número, por exemplo: o circuito “Iluminação 01” possui apenas 1 fase, sendo assim, ele recebe apenas uma numeração, que neste caso é o número “1”. Já os circuitos que utilizam 02 fases recebem 02 números de circuito, sendo um número por fase utilizada, por exemplo: O circuito “TUE – Torneira Elétrica” possui 2 fases, sendo assim, ele recebe 02 numerações, que neste caso são 10 e 11.

Após a divisão dos circuitos, foi feito a identificação dos pontos de acordo com o seu número de circuito, comando de iluminação, potência e abreviatura do tipo da carga. Apenas os pontos de tomada com potência superior a 100 VA receberam a identificação de potência e apenas os equipamentos de uso específico receberam a identificação do tipo de carga. Na figura 10 é possível observar melhor o resultado desse processo de identificação.

Figura 10 - Identificação dos Pontos de Iluminação e Tomada.

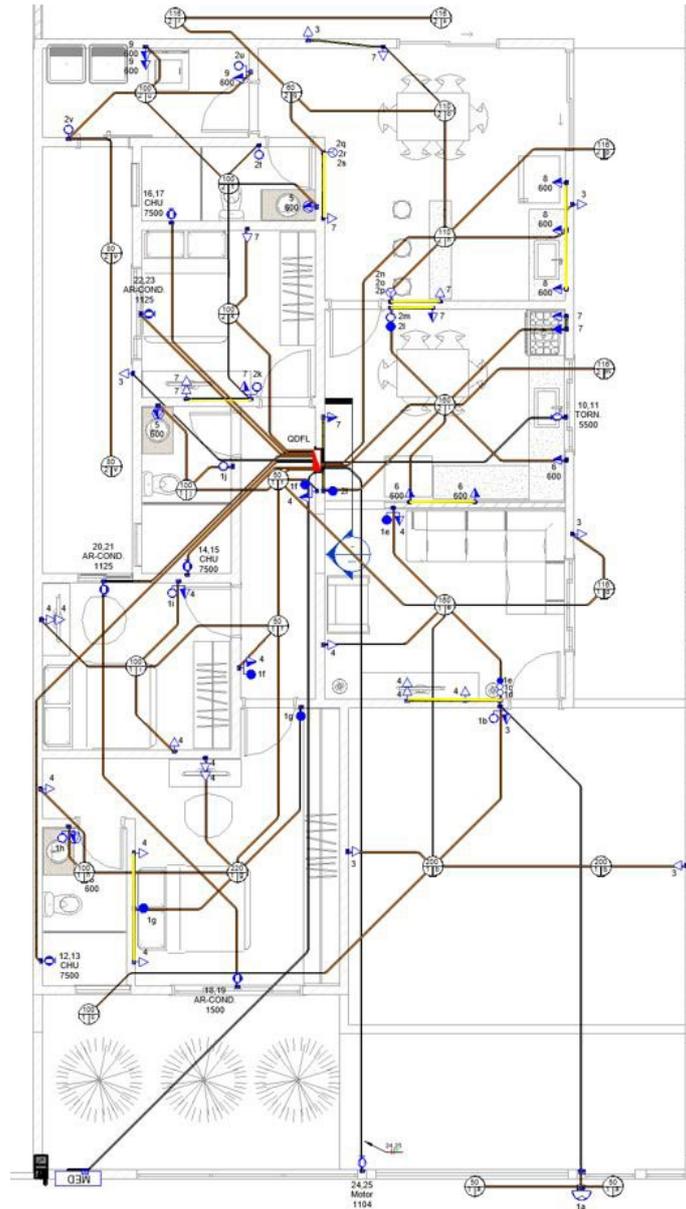


Fonte: autoria própria, 2023.

Sabendo a localização de cada ponto, assim como o seu circuito, torna-se possível iniciar o lançamento da infraestrutura para a ligação destes pontos.

Por se tratar de uma residência em alvenaria com teto em laje, foi aplicado uma infraestrutura específica para instalações elétricas embutidas, onde foram previstos: Eletrodutos corrugados de alta densidade tipo PEAD de cor preta para os trajetos embutidos no solo; Eletrodutos corrugados reforçados de cor alaranjada, para os trajetos embutidos na laje e entre as ligações da laje com a parede; Por fim, eletrodutos corrugados simples de cor amarela, para os trajetos embutidos nas paredes entre uma caixa e outra. Conforme orienta a NBR 5410:2004 citada na revisão bibliográfica.

Figura 11 - Lançamento da infraestrutura elétrica.



Fonte: autoria própria, 2023.

Elaboração do Quadro de Cargas e Diagrama Unifilar

O software Revit possui um recurso próprio para a geração do quadro de cargas, onde basta realizarmos a divisão dos circuitos designando o quadro de distribuição de força e luz ao qual eles deverão ser instalados e automaticamente o software já realiza o cadastramento deste circuito no quadro de cargas e preenche várias características deste circuito automaticamente, assim como, já realiza vários cálculos de forma automática, cabendo ao projetista se encarregar de preencher apenas alguns campos do quadro, como por exemplo: FCA (Fator de correção por agrupamento), FCT (Fator de correção por temperatura), corrente nominal do disjuntor e entre outras.

Cálculos como o de queda de tensão, comprimento do circuito, corrente nominal, potência aparente, fator de potência e dentre outros, o software realiza de forma automática. Mas vale ressaltar que para o software ser assertivo nestes cálculos as famílias (peças) dos

pontos de tomadas e de iluminação devem ser cadastradas e no ato do uso, preenchidas com os parâmetros corretos, por exemplo: Ao lançar no projeto o ponto de tomada para a alimentação da torneira elétrica, se faz necessário realizar o preenchimento correto dos valores de potência, fator de potência, número de fases e tensão de alimentação, conforme exemplificado na figura 12.

Figura 12 - Configuração do ponto de força da torneira elétrica.

1.d Ponto de Força Saida de Fio_Conjunto 4x2_FAM	
Ponto de Força Saida de Fio	
Dispositivos elétricos (1) Editar tipo	
Restrições	
Construção	
Texto	
Legenda do Ponto de Tomada	TORN.
Elétrica – Cargas	
Potência Aparente (VA)	5500,00 VA
Fator de Potência	1,000000
Potência Ativa (W)	5500,00 W
Tipo de Carga	TUE Chuveiros e Torneiras (Residencial)
Panel	QDFL
Número do circuito	10,11
Dimensões	
Dados de identidade	
Fases	
Parâmetros IFC	
Elétrica – Circuitos	
Tensão (V)	220,00
Nº de Fases	2
Dados elétricos	220,00/2-5500 VA
Seção do Condutor Adotado	

Fonte: autoria própria, 2023.

Além disso, o QDFL (quadro de distribuição de força e luz), também deve ser cadastrado com todas as características elétricas necessárias para o seu devido funcionamento, afim de que no ato do lançamento deste quadro no projeto, seja possível realizar o preenchimento das informações de forma a obter êxito na geração do quadro de cargas. Alguns dos parâmetros mínimos são: Tensão de fornecimento, número de fases, número de fios e número máximo de circuitos.

Portanto como o software usa os dados dos pontos elétricos lançados no projeto como base de de vários cálculos do quadro de cargas, é recomendado que somente após a configuração de todos os pontos elétricos do projeto seja realizado o preenchimento dos dados manuais do quadro de cargas, assim como a sua emissão final.

O quadro de cargas do projeto em questão encontra-se no “apêndice A” deste trabalho.

Já o diagrama unifilar é realizado de forma manual, onde é utilizado algumas famílias de simbologia presentes no template para a elaboração do mesmo, desta forma, assemelhando muito com a forma na qual o mesmo é desenvolvido em plataformas CAD 2D. O diagrama unifilar do projeto em questão encontra-se no “apêndice A” deste trabalho.

Posicionamento de Indicação das Fiações e Dimensionamento da Infraestrutura

A identificação das fiações trecho a trecho, também foi um processo realizado manualmente, fazendo o uso de algumas famílias de símbolos disponibilizadas no template utilizado para a realização do projeto. Todos os trechos foram identificados, com o número de

fases, circuito, retorno, neutro, terra e seção do cabo, sendo estas características aplicadas de acordo com o trecho identificado. A seção do cabo foi identificada apenas em circuitos com condutores de seção superior a 2,5 mm².

O dimensionamento da infraestrutura assim como a identificação da mesma, também foi um processo manual.

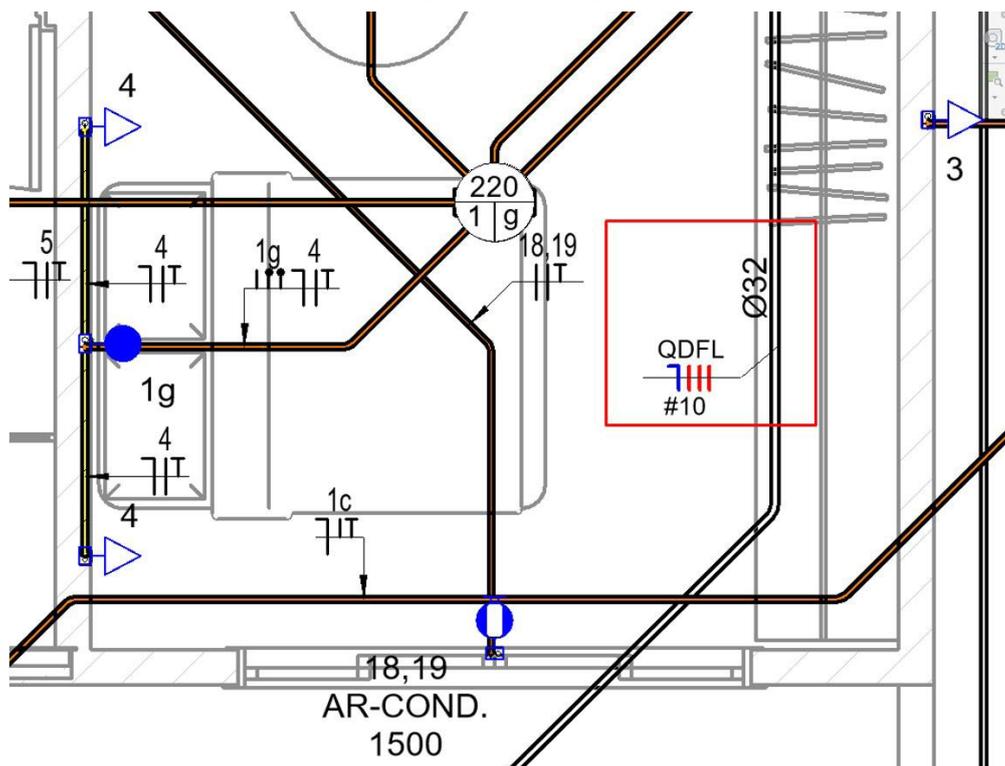
A priori, toda a infraestrutura de projeto foi lançada com o dimensionamento mínimo de Ø 3/4, sendo necessário alterar apenas os trechos que necessitassem de uma infraestrutura superior a está.

A posteriori foi realizado a identificação apenas dos eletrodutos com seção superior a Ø 3/4. Lembrando que para o dimensionamento da infraestrutura foi respeitado o disposto na NBR

5410:2004, conforme citada na revisão bibliográfica.

A figura 13 ilustra o resultado de uma parte do projeto onde foi realizado a identificação da fiação e o dimensionamento e identificação da infraestrutura.

Figura 13 - Posicionamento de indicação das fiações e dimensionamento da infraestrutura.

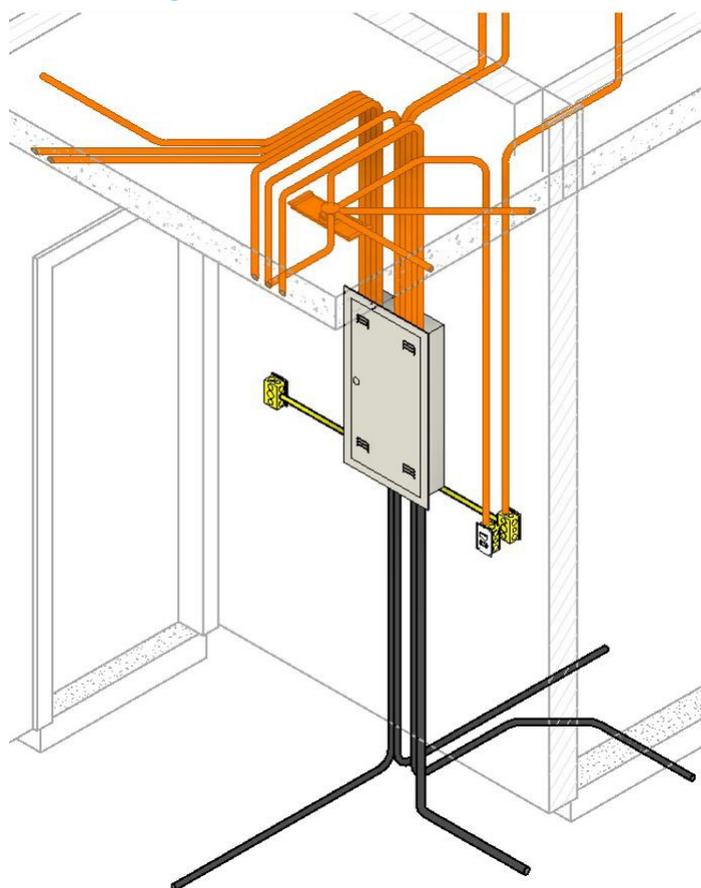


Fonte: autoria própria, 2023.

Elaboração dos Detalhes Construtivos

Como o software trabalha com a metodologia BIM, basicamente o projeto desenvolvido é a representação exata da instalação elétrica da residência, só que de forma digital. Esta característica permite que seja gerado detalhes construtivos muito próximos a realidade, um exemplo desse fato está presente na figura 14, onde ela exemplifica o posicionamento do quadro de distribuição (QDFL) assim como as infraestruturas derivadas do mesmo.

Figura 14 - Vista Isométrica QDFL.



Fonte: autoria própria, 2023.

Além do detalhe ilustrado pela figura 14, foi gerado outros detalhes construtivos afim de auxiliar com mais clareza no entendimento do projeto. Estes detalhes estão presentes no “apêndice A”.

Elaboração das Notas e da Lista de Símbolos

As notas de projeto foram elaboradas de acordo com a necessidade da edificação, assim como com a finalidade de informar características repetitivas relativas ao projeto, como por exemplo: “Os condutores não cotados serão de #2,5mm², os condutores de retorno serão de #1,5mm².”

A lista de símbolos ou legenda, foi gerada automaticamente, considerando todos os símbolos presentes no projeto em questão, com o intuito de identificar o tipo da infraestrutura ou ponto, altura de instalação e dentre outras informações.

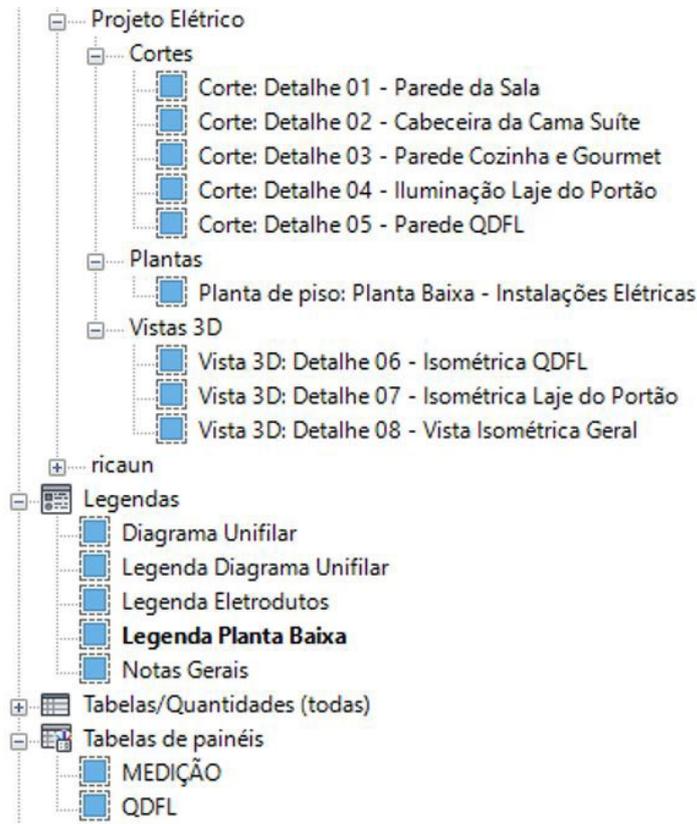
As notas, assim como a lista de símbolos estão presentes no “apêndice A”.

Separação do Projeto em Vistas de: Planta Baixa, Corte, Isométrica

Separar o arquivo do projeto em plantas, cortes e vistas é necessário para a realização do processo de emissão das pranchas de projeto, pois desta forma, é realizado uma organização do projeto especificamente das informações nas quais deseja-se extrair do mesmo. A figura 15 exemplifica melhor o disposto neste parágrafo, onde é possível

observar que, o projeto elétrico em questão foi dividido em plantas, cortes, legendas e tabelas.

Figura 15 - Separação do Projeto.



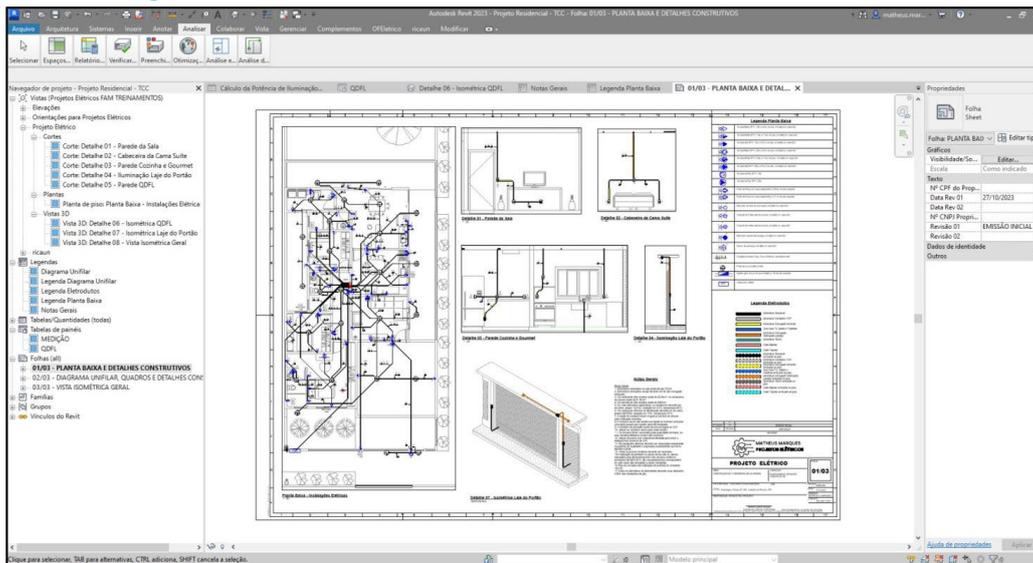
Fonte: autoria própria, 2023.

Organização das Vistas do Projeto nas Pranchas e Emissão das Pranchas

Antes da organização das pranchas, foi necessário realizar a inserção da família de pranchas no projeto, neste caso foi aplicado um tamanho de prancha A1. De posse da prancha, o único trabalho a seguir foi de literalmente arrastar os cortes, plantas, vistas, legendas e tabelas até a prancha e realizar a diagramação destes itens de forma funcional.

Para este projeto foi necessário a criação de 03 pranchas, afim de comportar todos os elementos a serem plotados. É possível observar a diagramação de uma destas pranchas na figura 16, ela representa o resultado final da prancha 01/03.

Figura 16 - Prancha 01/03 Planta Baixa e Detalhes Construtivos.



Fonte: autoria própria, 2023.

A prancha 01/03 assim como as outras 02 pranchas do projeto estão presentes no “apêndice A”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software Revit da Autodesk, permite realizar o armazenamento de dados nas famílias cadastradas no template ou projeto, de forma a torna-los acessíveis a tabelas e documentos, possibilitando ainda a atualização automática dos dados, caso os mesmos sejam alterados no projeto. A exemplo disto temos as famílias de tomadas, onde é possível realizar o preenchimento dos valores de potência, tensão, número de fases e dentre outros, estes dados ficam armazenados no software e caso haja a criação de um quadro de cargas, e seja realizada a vinculação dos pontos lançados no projeto a este quadro propriamente dito, ele fara o uso destes dados de forma a preencher as informações do mesmo automaticamente, permitindo a manipulação destes dados conforme a necessidade do projetista.

Este fato auxilia na extinção de tarefas repetitivas, assim como, evita erros de digitação por parte do projetista, problemas estes que ainda são enfrentados por usuários das plataformas CAD 2D.

A qualidade final da modelagem entregue pelo software permite um claro entendimento a cerca do projeto, onde realmente é possível de fato visualizar a representação digital da instalação elétrica do projeto em estudo. Mas para obter este resultado, é necessário possuir um template específico para a disciplina de elétrica seja ele elaborado pelo próprio projetista, ou adquirido no mercado, além disso, é muito importante saber como manipular o software de forma a aproveitar os recursos que ele tem a oferecer.

Foi possível perceber que o tempo investido para a realização de um projeto elétrico em BIM no software Revit da Autodesk, é superior quando comparado as plataformas CAD 2D. Isto quer dizer que a realização do projeto em BIM compatibilizado com o projeto de

arquitetura necessita de mais tempo de dedicação para obter êxito em seu resultado final, este fato torna-se um obstáculo a ser quebrado pelos projetistas, pois aumentar a quantidade de horas investidas em um projeto impacta diretamente no orçamento deste, logo vários projetistas principalmente os responsáveis pela elaboração de projetos complementares, optam por continuar utilizando os softwares CAD 2D.

Outrora não se deixam afetar por isso e trabalham utilizando a metodologia BIM fazendo ainda o uso da mesma em prol de justificar a precificação dos projetos.

Houve por fim o produto final, que são as pranchas de projeto elétrico da residência, cuja a qual foi o objeto de estudo desta pesquisa experimental. Onde nestas pranchas de projeto foi possível obter as seguintes informações:

- Planta Baixa: Com as informações do posicionamento dos pontos de utilização e de passagem de energia elétrica;
- Cortes: Contendo as informações de disposição dos pontos de utilização e de passagem de energia elétrica no trecho em que haja a maior aglomeração de pontos;
- Vistas Isométricas: Detalhamento com uma visão geral de todos os materiais aplicados na elaboração do projeto;
- Quadro de Cargas: Expondo a totalidade dos circuitos do projeto, assim como o resultado dos principais cálculos de dimensionamento para a seleção dos dispositivos de proteção e condutores adequados para tal;
- Diagrama Unifilar: Permitindo a visualização do esquema de ligação dos circuitos da instalação como um todo;
- Detalhes do Projeto: Especificando melhor alguns pontos do projeto nos quais se façam necessários para um claro entendimento do mesmo;
- Notas: Explicando algumas informações relevantes acerca do projeto;
- Simbologia: Indicando o significado de cada símbolo posicionado nos desenhos do projeto.

Ademais, foi possível obter um projeto elétrico compatibilizado com o projeto arquitetônico da residência em questão, livre de futuras interferências que possam aparecer no ato da execução da obra. O “apêndice A” ilustra melhor os pontos discriminados acima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software utilizado para a elaboração do projeto não somente cumpre o seu papel como surpreende pela praticidade de sua utilização, assim como pela riqueza de recursos oferecidos ao projetista, mas ainda assim, afim de conseguir fazer o uso adequado dos recursos que o software tem a disposição é indispensável investir em treinamentos específicos para a manipulação do mesmo.

Disponer de um template rico em famílias próprias para a disciplina de instalações elétricas, ou possuir um conhecimento avançado sobre modelagem de famílias é indispensável para obter êxito na elaboração de projetos no Revit da Autodesk.

Além dos recursos nativos do software, é possível adquirir “*plugins*” capazes de automatizar várias tarefas repetitivas realizadas no software.

Por fim, conclui-se que embora o tempo dedicado a elaboração do projeto alvo da pesquisa experimental tenha sido superior quando comparado as plataformas CAD 2D, o projetista deve entender que o projeto em BIM vai muito além do que apenas linhas e símbolos, ele permite construir de fato a instalação elétrica do projeto de forma digital, trazendo inúmeras vantagens desde a compatibilização entre projetos de outras disciplinas ao canteiro de obras evitando o surgimento de incompatibilidades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410:2004**. Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

Autodesk. **Revit for Electrical Design Professional Certification Prep**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/certification/learn/course/revit-electrical-design-cert-prep>> Acesso em: 25 de julho de 2023.

CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO M. C.; MENDES, R. J.; SCHEER, S.; FREITAS, M. C. D. **Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1º ed. Curitiba: Campestrini Tecnologia, 2015.

CERVELIN, S.; CAVALIN, G. **Instalações Elétricas Prediais: Teoria & Prática**. 22º ed. Curitiba: Base Livros Didáticos, 2008.

EASTMAN, C; Teicholz, P.; SACKS, R; e LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de C. G. Ayres Filho *et al.*; Revisão Técnica de E. T. Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

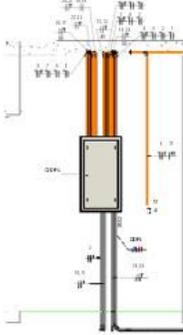
LACHI, Danielle Kruppenacher de Medeiros. **Implantação da Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling) Para Elaboração De Projetos Básicos de Obras e Serviços de Engenharia na UFGD**. Trabalho de Conclusão Final (Mestrado em Administração Pública) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/1350>> Acesso em: 02 de junho de 2023.

APÊNDICE A - PRANCHAS DO PROJETO ELÉTRICO

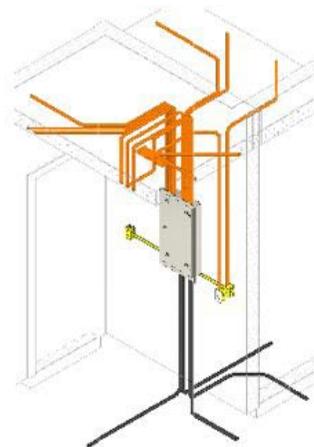
The image displays the Autodesk Revit 2023 interface for an electrical project. The main window shows a detailed electrical plan view of a room, with various components and wiring. To the right of the plan, there are four detailed views: 'Detalhe 01 - Parede da Sala', 'Detalhe 02 - Cabeceira da Cama Suite', 'Detalhe 03 - Parede Cozinha e Gourmet', and 'Detalhe 04 - Iluminação Laje do Portão'. Below these, there are two more details: 'Detalhe 05 - Parede Cozinha e Gourmet' and 'Detalhe 06 - Iluminação Laje do Portão'. A legend titled 'Legenda Plantas Baixa' is visible on the right side of the drawing area, listing various electrical symbols and their corresponding colors. The software interface includes a top menu bar with options like 'Arquivo', 'Arquitetura', 'Sistemas', 'Inserir', 'Anotar', 'Analisar', 'Colaborar', 'Vista', 'Gerenciar', 'Complementos', 'OfEtrico', 'ricaun', and 'Modificar'. The left sidebar shows a project browser with a tree view of the project structure, including 'Vistas (Projetos Elétricos FAM TREINAMENTOS)', 'Cortes', 'Plantas', 'Vistas 3D', 'ricaun', 'Legendas', 'Tabelas/Quantidades (todas)', 'Tabelas de painéis', 'MEDEIÇÃO', 'QDFL', 'Folhas (all)', and 'Famílias'. The right sidebar shows the 'Propriedades' panel with fields for 'Folha Sheet', 'Folha: PLANTA BAD', 'Escala', 'Data Rev 01', 'Data Rev 02', 'Nº CNPJ Propri...', 'Revisão 01', 'Revisão 02', and 'Dados de identidade'. The bottom status bar indicates 'Clique para selecionar, TAB para alternativas, CTRL adiciona, SHIFT cancela a seleção.' and 'Modelo principal'.

Notas Gerais

- 1- Estruturas embutidas no teto devem ser do tipo PEAD.
- 2- Estruturas embutidas na laje deverão ser do tipo corrigido embutido.
- 3- Os condutores não podem ser de 62,5mm², os condutores de mesma seção de 95 mm².
- 4- Os condutores não podem ser de 60mm².
- 5- Em toda estrutura embutida os condutores deverão ser do tipo classe TB IV, instalação em EPVC, temperatura 50°C.
- 6- Os condutores elétricos de distribuição deverão ser do tipo classe TB IV/50V, instalação em PVC, temperatura 70°C.
- 7- A seção do condutor neutro é igual a da fase do circuito, salvo indicação contrária.
- 8- O condutor neutro não poderá ser ligado ao condutor proteção sem antes passar pelo quadro geral da instalação.
- 9- O condutor de proteção nunca deverá ser ligado ao IDR.
- 10- Utilizar um condutor neutro para cada circuito.
- 11- Os circuitos devem numerados pela quantidade de fases, ou seja, circuitos elétricos com dois terminais.
- 12- Utilizar chaves com manobras blindadas para evitar o deslocamento incorreto do IDR.
- 13- As instalações elétricas deverão ser executadas respeitando as condições de qualidade e segurança estabelecidas na norma NBR 5410/2004.
- 14- Todas as pontas metálicas deverão ser aterradas.
- 15- A indicação de potência no projeto de fiação não se aplica calculada para dimensionamento dos circuitos conforme prescrições da NBR 5410, não necessariamente correspondendo ao valor usado para dimensionamento de potência na conexão 100 VA.
- 16- Todas as estruturas de eletrificação deverão estar aterradas 0,50m das tubulações de gás.



Detalhe 05 - Parede QDFL
1:25



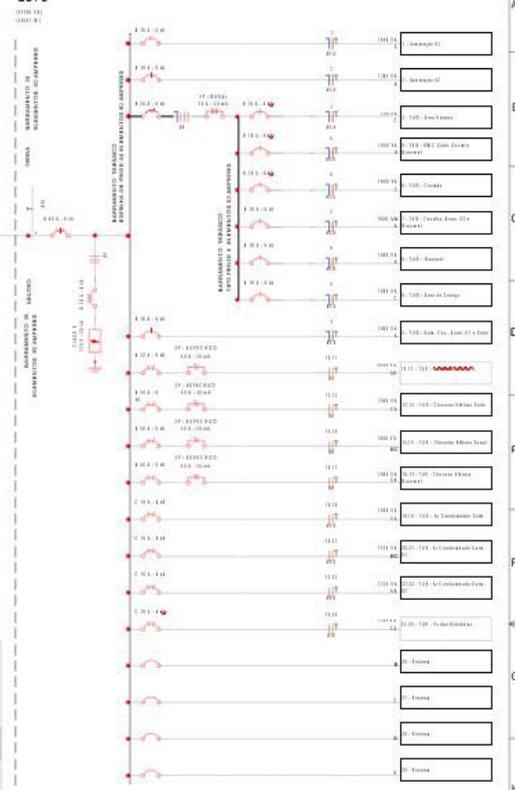
Detalhe 06 - Isométrica QDFL
SEM ESCALA

Legenda Diagrama Unifilar



Diagrama Unifilar

QDFL



Panel: MED

Sistema de Alimentação: 127/220V Trifásico (3F+N+T)

Circuito	Descrição	Inc. Disjuntor (A)	Tipo de Instalação	Seção do Condutor Adotado (mm ²)	Comprimento (m)	Quantidade de Fases (F)
1	QDFL	50 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	10	22,74	3 F
2						
3						
4						

Classificação de Carga	Potência Instalada (VA)	Fator de Demanda	Potência Demandada (VA)	Intensidade do Fio (A)
TUE (Residência)	1624 VA	1,00	1624 VA	
Iluminação TUE (Residência)	1282 VA	0,24	306 VA	
TUE Chuveiros e Torneiras (Residência)	2800 VA	0,40	1120 VA	
TUE Condicionadores de Ar (Residência)	3790 VA	1,00	3790 VA	
Potência Total Instalada:	4478 VA			
Potência Total Demandada:	1873 VA			
Comente Total Demandada:	49 A			

Panel: QDFL

Sistema de Alimentação: 127/220V Trifásico (3F+N+T)

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Esquema	Utilização (VA)	P ₁	Potência Total (W)	P ₂	Comente Normal (A)	P _{CA}	P _{CI}	I ₀ Comente de Projeto Corrigido (A)	Inc. Disjuntor (A)	Tipo de Instalação	Seção do Condutor Adotado (mm ²)	L Aprox. (m)	L Corrigido (m)	Quantidade de Fases (F)	A	B	C
1	Iluminação 01	127,00	PNT	1458 VA	0,05	145,8 W	15 A	0,65	1	1	18 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	21,40	21,40	2,34	1498 VA		
2	Iluminação 02	127,00	PNT	1394 VA	0,05	126,66 W	11 A	0,65	1	1	17 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	14,05	14,05	1,69	1354 VA		
3	TUE - Área Esterna	127,00	PNT	700 VA	0,02	64 W	6 A	0,65	1	1	8 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	16,52	16,52	1,02	640 VA		700 VA
4	TUE - Sala, Cor, Banh. 01	127,00	PNT	1800 VA	0,02	147,0 W	13 A	0,65	1	1	19 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	15,21	15,21	2,15	1800 VA		
5	TUE - BWC Sala, Banh. 01	127,00	PNT	1800 VA	0,02	147,0 W	14 A	0,65	1	1	22 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	13,26	13,26	2,15	1800 VA		
6	TUE - Cozinha	127,00	PNT	1800 VA	0,02	147,0 W	14 A	0,7	1	1	20 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	6,94	6,94	1,00	1800 VA		1800 VA
7	TUE - Cozinha, Dorm. 02	127,00	PNT	1800 VA	0,02	147,0 W	9 A	0,65	1	1	12 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	9,34	9,34	0,82	1030 VA		
8	TUE - Gourmet	127,00	PNT	1900 VA	0,02	147,0 W	15 A	0,7	1	1	21 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	11,61	11,61	1,06	1900 VA		
9	TUE - Área de Serviço	127,00	PNT	1800 VA	0,02	147,0 W	14 A	0,65	1	1	22 A	16 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	12,75	12,75	2,03	1800 VA		1800 VA
10	TUE - Torneira Elétrica	220,00	FFF	8500 VA	1	5500 W	25 A	1	1	1	25 A	32 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	4	7,72	7,72	0,80	2750 VA		2750 VA
11	TUE - Chuveiro Elétrico Sala	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	17,69	17,69	1,03	3750 VA		3750 VA
12	TUE - Chuveiro Elétrico Social	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	8,78	8,78	0,81	3750 VA		3750 VA
13	TUE - Chuveiro Elétrico Social	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	11,15	11,15	1,03	3750 VA		3750 VA
14	TUE - Chuveiro Elétrico Social	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	11,15	11,15	1,03	3750 VA		3750 VA
15	TUE - Chuveiro Elétrico Social	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	11,15	11,15	1,03	3750 VA		3750 VA
16	TUE - Chuveiro Elétrico Social	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	11,15	11,15	1,03	3750 VA		3750 VA
17	TUE - Chuveiro Elétrico Social	220,00	FFF	7500 VA	1	7500 W	34 A	1	1	1	34 A	40 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	6	11,15	11,15	1,03	3750 VA		3750 VA
18	TUE - Ar Condicionado Sala	220,00	FFF	1500 VA	0,5	1200 W	7 A	0,5	1	1	9 A	10 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	14,94	14,94	0,86	790 VA		790 VA
19	TUE - Ar Condicionado Dorm. 02	220,00	FFF	1125 VA	0,5	900 W	5 A	0,5	1	1	6 A	10 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	10,42	10,42	0,56	993 VA		993 VA
20	TUE - Ar Condicionado Dorm. 01	220,00	FFF	1125 VA	0,5	900 W	5 A	0,5	1	1	6 A	10 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	16,19	16,19	0,54	943 VA		943 VA
21	TUE - Ar Condicionado Dorm. 02	220,00	FFF	1125 VA	0,5	900 W	5 A	0,5	1	1	6 A	10 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	16,19	16,19	0,54	943 VA		943 VA
22	TUE - Torneira Elétrica	220,00	FFF	1104 VA	0,5	552 W	5 A	1	1	1	5 A	10 A	2x(UPR XL PE60-18x95) 1x(UPR XL PE60-18x35)	2,5	15,59	15,59	0,51	550 VA		550 VA
23	Reserva		PNT	8 VA														8 VA		8 VA
24	Reserva		PNT	8 VA														8 VA		8 VA
25	Reserva		PNT	8 VA														8 VA		8 VA
26	Reserva		PNT	8 VA														8 VA		8 VA

Legenda:

P₁: Fator de Potência
 P_{CA}: Fator de Correção por Aquecimento
 P_{CI}: Fator de Correção por Temperatura

Classificação de Carga	Potência Instalada (VA)	Fator de Demanda	Potência Demandada (VA)	Intensidade do Fio (A)
TUE (Residência)	1624 VA	1,00	1624 VA	
Iluminação+TUE (Residência)	1282 VA	0,24	306 VA	
TUE Chuveiros e Torneiras (Residência)	2800 VA	0,40	1120 VA	
TUE Condicionadores de Ar (Residência)	3790 VA	1,00	3790 VA	
Potência Total Instalada:	4478 VA			
Potência Total Demandada:	1873 VA			
Comente Total Demandada:	49 A			

Notas:

MATHUS MARQUES
PROJETOS ELÉTRICOS

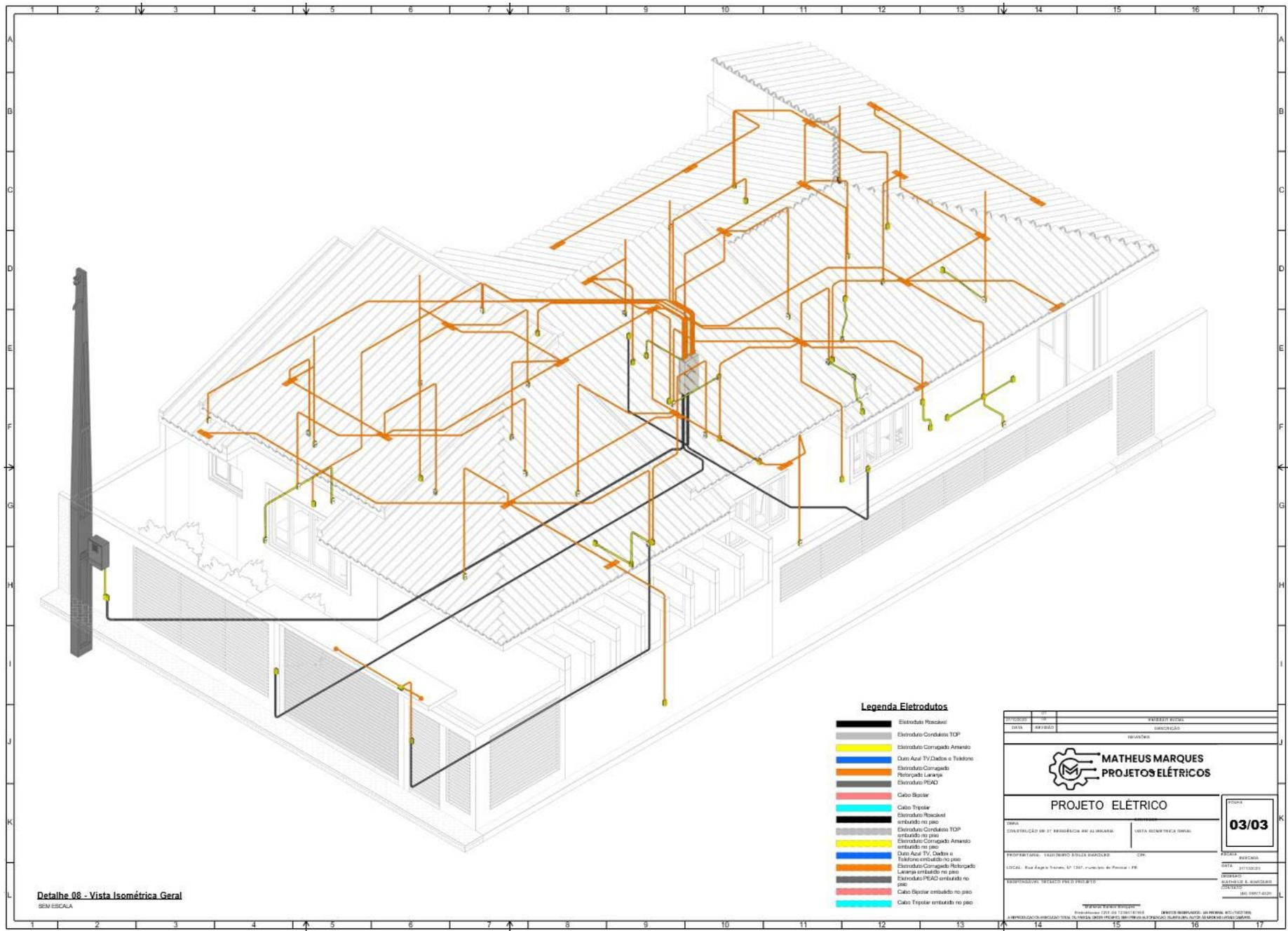
PROJETO ELÉTRICO

02/03

PROFESSOR: ...

PROFESSOR: ...

PROFESSOR: ...



Detalhe 08 - Vista Isométrica Geral
SEM ESCALA

Legenda Eletrodutos

- Eletroduto Residual
- Eletroduto Condutido TOP
- Eletroduto Condução Aneixo
- Duto Aço TV, Ductos e Telefone
- Eletroduto Condução
- Eletroduto Laranja
- Eletroduto PVC/D
- Cabo Óptico
- Cabo Tríplice
- Eletroduto Residual embutido no piso
- Eletroduto Condutido TOP embutido no piso
- Eletroduto Condução Aneixo embutido no piso
- Duto Aço TV, Ductos e Telefone embutido no piso
- Eletroduto Condução Retângulo Laranja embutido no piso
- Eletroduto PVC/D embutido no piso
- Cabo Óptico embutido no piso
- Cabo Tríplice embutido no piso

<small>PROPOSTA Nº</small>	<small>EXIBIR BOMBA</small>	<small>REVISÃO</small>	<small>PROJEÇÃO</small>
<small>DATA</small>	<small>REVISÃO</small>	<small>REVISÃO</small>	
 MATHEUS MARQUES PROJETOS ELÉTRICOS			
PROJETO ELÉTRICO		<small>DATA</small>	03/03
<small>TÍTULO</small>		<small>PROJETO</small>	
CONSTRUÇÃO DE 01 RESIDÊNCIA DE ALMOGADO		VISTA ISOMÉTRICA GERAL	
<small>PROPRIETÁRIO</small>		<small>ENDEREÇO</small>	
VALDIRINO SOUZA BARROSA		RUA	
<small>LOCAL</small>		<small>CIDADE</small>	
Rua Aguiar Neto, nº 1307 - Jardim do Pinheiro - FZ		SANTA RITA	
<small>PROFESSOR</small>		<small>PROFESSOR</small>	
TECICO FELIPE FERREIRA		MATEUS MARQUES	
<small>PROFESSOR</small>		<small>PROFESSOR</small>	
MATEUS MARQUES		MATEUS MARQUES	
<small>PROFESSOR</small>		<small>PROFESSOR</small>	
MATEUS MARQUES		MATEUS MARQUES	

Organizador

Adriano Mesquita Soares

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família – FASF. É editor chefe na AYA Editora.

Índice Remissivo

A

aeradores 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112
altura 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37
área 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20
areia 63, 64, 65, 66
arquitetônicos 11, 93, 125
atividade 11, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22

B

borra 39

C

civil 6, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
classificação 59, 71, 73, 77, 78, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89
coco 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121
compatibilização 122, 123, 146
compósitos 39
computacional 71, 74, 80
concreto 18, 20, 51, 75, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102
construção 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

D

desempenho 55, 60, 71, 72, 73, 74, 79, 84, 85, 88, 89
dissolvido 103, 104, 108, 111

E

edificações 71, 72, 73, 74, 89, 122, 123, 131
eficiência 28, 72, 73, 86, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111
efluentes 104, 111, 112
elétrico 27, 122, 123, 126, 131, 133, 134, 135, 136, 143,

144, 145
energética 72, 73, 104, 105
energético 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 88
equipamentos 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27,
29, 30, 31, 32, 34, 36, 37
erosão 63, 65
estabilização 39, 51, 52, 113, 114, 115
estrutura 35, 61, 75, 91, 92, 93, 95
expandido 91, 96

F

faixa 19, 20, 63, 66, 69
fibra 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121
física 11, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23

I

indústria 28, 30, 34, 37, 54, 55, 56, 62
industriais 39, 52

J

janelas 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 86,
88, 89

L

lazer 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22

M

mapas 63, 65, 66
mecânica 55, 91, 113, 115
microestrutura 39
mineração 63, 64, 65
moveleira 54, 55, 56, 62

O

orgânicos 39
oxigênio 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111

P

petróleo 39
planejamento 11, 12
poliestireno 91, 93, 96
praia 63, 65, 66, 67, 68, 69
projeto 15, 17, 21, 22, 23, 30, 73, 89, 101, 122, 123,
124, 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135,
136, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146
projetos 11, 13, 20, 74, 93, 100, 114, 122, 123, 125,
131, 132, 145, 146
proteção 12, 16, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37
pública 11, 14, 18, 19, 20

R

reforço 113, 114, 115, 119
resíduos 39, 51, 52
resistência 55, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 99, 100

S

segurança 11, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,
34, 35, 37
simulação 71, 74, 80, 81, 82, 84
sintéticos 54, 56, 57, 60
solo 12, 20, 65, 66, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119,
120, 121
sustentabilidade 6, 20, 103, 104, 105, 111

T

temáticos 63, 65, 66
trabalho 12, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,

34, 35, 36, 37
tratamento 15, 21, 22, 23, 39, 52, 57, 66, 94, 101, 103,
104, 108, 110, 111, 112

U

urbano 11, 12, 13, 15, 23

V

vento 63, 64, 66
vernizes 54, 56



AYA EDITORA
2024

