

REVISTA

# IGUAZU SCIENCE

v. 2, n. 6, dez. 2024



Dossiê

Tecnologia e Inovação em Engenharia Civil:  
Desafios e Soluções

EDITORA UNIVERSITÁRIA  
UNIGUAÇU

# **IGUAZU** **SCIENCE**

ISBN 978-65-83057-10-5 (versão digital)  
Revista Iguazu Science | Faculdade Uniguaçu  
São Miguel do Iguazu-PR | v. 2 | n. 6 | dez. 2024

A revista **Iguazu Science** tem a missão de publicar contribuições científicas que abrangem todas as áreas do conhecimento descritas pelo CNPq, desde que a pesquisa apresente uma contribuição para o desenvolvimento do conhecimento teórico e metodológico do saber. A revista é uma publicação trimestral, em edição eletrônica, composta pelas seções de artigos científicos, artigos de divulgação científica, resenhas e entrevistas especiais. Os textos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores.

Editores

*Fábio Aristimunho Vargas*

*Fábio Corbari*

Organização e edição deste número

*Fábio Aristimunho Vargas*

*Jaqueline Tomasini Orth*

Capa

*Fábio Corbari*

Foto da capa

*Equipe de Marketing da Faculdade UNIGUAÇU*

Revisão técnica

*Pablo Wenderson Ribeiro Coutinho*

Endereço: Faculdade UNIGUAÇU. Rua Valentin Celeste Palavro, 707, São Miguel do Iguaçu - PR, CEP 85877-000, telefone: (45) 3565-3181, site institucional: <https://uniguacu.com.br>, Instagram: @faculdadeuniguacu, e-mail: editora.universitaria@uniguacu.com.br

Revista Iguazu Science: dossiê temático: Tecnologia e inovação em engenharia civil: desafios e soluções [Recurso eletrônico] / Faculdade Uniguacu.

v. 2, n. 6 (dez. 2024) – São Miguel do Iguaçu, 2024.

Publicação eletrônica

Editores: Fábio Aristimunho Vargas e Fábio Corbari

Organização e edição deste número: Fábio Aristimunho Vargas e Jaqueline Tomasini Orth

ISBN: 978-65-83057-10-5

1 – Áreas gerais – Periódicos. 2. Engenharia civil. 3. Engenharia civil – Soluções – Periódicos. I. Faculdade Uniguacu

24-0010

Catálogo na Publicação  
Fernanda Bem – CRB 9/1735

Copyright © 2024, Faculdade UNIGUAÇU  
Todos os direitos reservados.

**IGUAZU**  
**SCIENCE**

Dossiê temático

**Tecnologia e Inovação em  
Engenharia Civil: Desafios e  
Soluções**



## **MANTENEDORA: UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU LTDA. – UNIGUAÇU**

Mantenedores: *Daniel Ribeiro da Silva / Paulo Gorski / Renata Beckers / Roberto Régis Ribeiro*

### **MANTIDA: FACULDADE UNIGUAÇU**

Diretor Geral  
*Daniel Ribeiro da Silva*

Diretora Geral da Graduação  
*Danielle Acco Cadorin*

Diretor Pedagógico  
*Marcos Ricardo Müller*

Diretor Acadêmico  
*Jacinto Vagner Rupp*

Diretor de Expansão e Operações/Diretor EaD  
*Roberto Régis Ribeiro*

Diretor de Expansão e Desenvolvimento da Graduação  
*Fábio Corbari*

Coordenadora Pedagógica  
*Liane Piacentini*

Pesquisadora Institucional  
*Claudia Symone Dias Roland*

Secretária Geral  
*Beatriz Marilene Schimdt Bueno*

Coordenador de Pesquisa e Extensão  
*Fábio Corbari*

Coordenador Adjunto de Pesquisa e Extensão  
*Fábio Aristimunho Vargas*

Editores da Editora Universitária Uniguaçu  
*Fábio Aristimunho Vargas*  
*Fábio Corbari*

### **Conselho Editorial da Editora Universitária Uniguaçu**

*Dr. Alex Munguía Salazar (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – México)*

*Dr. Fábio Aristimunho Vargas (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Fábio Corbari (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Herivelto Beck de Souza (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Marcos Ricardo Müller (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Pablo Wenderson Ribeiro Coutinho (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Rodrigo Cesar dos Reis Tinini (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Wagner Menezes (Universidade de São Paulo)*

*Dra. Danielle Acco Cadorin (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dra. Francielle de Camargo Ghellere (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dra. Graciela Maiara Dalastra (Faculdade UNIGUAÇU).*

*Dra. Priscilla Guedes Gambale (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dra. Silviane Galvan Pereira (Faculdade UNIGUAÇU)*

### **Comitê Científico da Revista Iguazu Science**

*Dr. Herivelto Beck de Souza (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Marcos Roberto Pires Gregolin (UFSM)*

*Dr. Rodrigo César dos Reis Tinini (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dr. Wilson João Zonin (Unioeste)*

*Dra. Maria Roseli Castilho Garbossa (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Dra. Solange Marilene Melchior do Prado (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Alysson Ramalhais (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Bruna Todeschini Vieira (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Gleison Miguel Lissemerki da Silva (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Johany Diego Vicente (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Karine Albano (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Lauriane Alle Buytendorp (Faculdade UNIGUAÇU)*

*Msc. Vinicius Mattia (Unioeste)*

---

# SUMÁRIO

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE PROJETOS DE ENGENHARIA Luis Felipe Ferreira*; Gabriel Matsuda** .....	8
MODELAGEM DE ESTRUTURAS EM 3D COM ÁLGEBRA LINEAR – APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL Ana Luíza Schwantes Maier*; Yan Carlos Rauber*; Gabriel Matsuda** .....	13
O USO DE DRONES E TECNOLOGIA DE SENSORIAMENTO REMOTO EM AVALIAÇÕES Laura Galvan Lazzarin*; Gabriel Matsuda** .....	17
SOFTWARES E FERRAMENTAS DE MODELAGEM PARA PERÍCIAS TÉCNICAS Carlos Eduardo da Silva Machado*; Gabriel Matsuda** .....	21
APLICAÇÃO DE MÉTODOS NÚMERICOS E ÁLGEBRA LINEAR NA ANÁLISE DE SISTEMAS HIDRÁULICOS EM ENGENHARIA CIVIL Mônica Cristina Matik*; Hellen Adriadne de Paula Batista*; Gabriel Matsuda*** .....	24
ESTUDO DA ARTE: INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO Marlon Jacson Mondardo*; Meire Barbosa** .....	28
AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS Vinicius Pereira Groth*; Gabriel Matsuda** .....	32
GERENCIAMENTO DE RISCO NA CONSTRUÇÃO CIVIL Helter W. Gaedicke*; Gabriel Matsuda** .....	36
MÉTODOS CONSTRUTIVOS: WOOD FRAME E STEEL FRAME Helter Gaedicke*; Jacir Von Dentz*; Vinicius Groth*; Melissa Pastorini Proença**** .....	39
MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS Thais Monielly Silva Oliveira*; Gabriel Matsuda** .....	43
O ESTADO DA ARTE DOS TELHADOS VERDES: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS Thais Monielly Silva Oliveira*; Gabriel Matsuda** .....	48
SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM DRYWALL, CONCRETO PVC E EPS Carlos Eduardo Machado*; Jordana Quadros*; Paola Lazzari*; Thais Oliveira*; Melissa Proença** .....	53
SISTEMAS CONSTRUTIVOS: PRÉ-MOLDADOS E MODULARES Nathalia Luisa França da Silva*; Luis Felipe Ferreira*; Eduardo Felipe Christ*; João Vitor Caetano*; Melissa Pastorini Proença** .....	57
USO DE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS EM AVALIAÇÕES ESTRUTURAIS Gabriel Matsuda*; Leandro Lazzarin** .....	59
ANÁLISE TÉCNICA E ESTRATÉGICA DO PLANO DIRETOR DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU: PERSPECTIVAS E DESAFIOS DA ENGENHARIA URBANA Carlos Eduardo da Silva Machado*; Gabriel Matsuda** .....	64
NOVO TRECHO AVENIDA UNIGUAÇU Daniel Tobaldini*; Gabrielle Pereira Werner*; Carla Caroline Facchi** .....	68
DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DA SINALIZAÇÃO VIÁRIA EM FRENTE A ESCOLA HENRIQUE GUELLERE Eduardo Vinicius Bardini*; Micaela Helena Corso*; Kairo Natan da Silva*; Carla Caroline Facchi** .....	70
OTIMIZAÇÃO PARA TREVO BR 277 KM 652 Alisson Murillo de Mello Pereira*; Narciso Sokacheski Meneghetti*; Romulo Fernandes Dos Santos *; Carla Caroline Facchi** .....	74
PARTICIPAÇÃO E DESAFIOS DAS MULHERES NA ENGENHARIA CIVIL: UMA ANÁLISE DA IGUALDADE DE GÊNERO NA PROFISSÃO Eduardo Vinicius Bardini *; Micaela Helena Corso **; Vitor Barros Cabral*; Jaqueline Tomasini Orth * .....	78

---

## EDITORIAL

A foto que ilustra a capa desta edição n. 6 da revista **Iguazu Science** destaca o estudante Narciso Sokacheski Meneghetti, aluno do 5º período do curso de Engenharia Civil da Faculdade UNIGUAÇU. Capturada no Laboratório de Solos do Centro de Engenharias, a imagem flagra o estudante envolvido em um exercício que combina teoria e prática, com foco no estudo das propriedades dos solos e sua importância para projetos de engenharia, tais como a construção de estradas e outras estruturas.

O Laboratório de Solos, um dos centros de excelência da instituição, trabalha em parceria com a Empresa Júnior, proporcionando aos alunos a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em sala de aula em situações reais de campo. Essa iniciativa não só reforça o aprendizado acadêmico, mas também prepara os futuros engenheiros para os desafios da profissão, como a compreensão das características do solo e suas implicações nas obras de

A imagem da capa simboliza, assim, a união entre teoria e prática, demonstrando o compromisso da Faculdade UNIGUAÇU em formar profissionais capacitados e prontos para transformar o conhecimento em soluções reais e eficazes para o mercado da engenharia.

Agradecemos à professora mestre Jaqueline Tomasini Orth pela organização do dossiê temático *Tecnologia e Inovação em Engenharia Civil: Desafios e Soluções*, publicado nesta edição, que contou com a colaboração de acadêmicos e docentes do curso de Engenharia Civil da Faculdade UNIGUAÇU.

Prof. dr. Fábio Aristimunho Vargas  
Coordenador Adjunto de Pesquisa e Extensão da  
Faculdade UNIGUAÇU / Editor da revista Iguazu Science

---

## APRESENTAÇÃO

É com grande entusiasmo que apresentamos o dossiê temático intitulado *Tecnologia e Inovação em Engenharia Civil: Desafios e Soluções*, organizado com a colaboração de acadêmicos, pesquisadores e professores da área de Engenharia Civil. Este dossiê tem como objetivo explorar as principais inovações tecnológicas e as soluções criativas que estão transformando a construção civil, além de abordar os desafios enfrentados pelos profissionais do setor.

Os artigos reunidos nesta edição abrangem temas como avaliação de impactos ambientais, modelagem 3D de estruturas, o uso de drones e tecnologias de sensoriamento remoto, e novas ferramentas de software para perícias técnicas. Além disso, discutem métodos construtivos modernos, como o wood frame e steel frame, sistemas construtivos como pré-moldados e modulares, e o uso de tecnologias não destrutivas em avaliações estruturais.

Também são abordados temas sobre sustentabilidade, como a avaliação de edificações sustentáveis e as certificações ambientais, a influência

das condições climáticas na degradação dos materiais de construção, e as tendências de telhados verdes. O dossiê ainda traz discussões sobre a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos, o gerenciamento de riscos na construção civil, e os desafios da engenharia urbana, com foco em planos diretores e mobilidade.

Com esta edição, esperamos fomentar uma reflexão crítica sobre como as inovações tecnológicas podem ser aplicadas de forma eficiente e sustentável no setor da engenharia civil, além de oferecer soluções para os desafios enfrentados na prática profissional. Estamos confiantes de que os temas abordados serão de grande relevância para acadêmicos, profissionais da área e empresas, contribuindo para o desenvolvimento e aprimoramento contínuo do setor.

Profa. ms. Daniela Kunz  
Coordenadora do curso de Engenharia Civil da  
Faculdade UNIGUAÇU

## MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE PROJETOS DE ENGENHARIA

Luis Felipe Ferreira\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Civil - Uniguauçu, [luisferreraluizfox@gmail.com](mailto:luisferreraluizfox@gmail.com).

\*\*Mestre Engenharia de Energia na Agricultura – UNIOESTE, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

A avaliação de edificações históricas é uma atividade fundamental para preservar o valor cultural, social e econômico desses bens. Este artigo aborda os principais métodos aplicáveis a patrimônios históricos, conforme a norma ABNT NBR 14653-7, e destaca as peculiaridades desses processos. A avaliação de bens singulares vai além das análises tradicionais de mercado, integrando variáveis como o valor cultural e a preservação da identidade histórica. Entre os métodos discutidos, destaca-se o método de preço hedônico, que atribui valor com base nos atributos específicos do imóvel, como localização, características estruturais e contexto socioeconômico da região. Outro método explorado é o custo de viagem, que mede o valor do patrimônio pela demanda turística, considerando os custos de transporte, frequência de visitas e fatores econômicos da localidade. Além disso, o método de valorização contingente busca estimar o valor hipotético de um bem com base na percepção dos indivíduos, por meio de inquéritos que avaliam o quanto um respondente estaria disposto a pagar pelo imóvel ou pelo seu uso. Já o método do custo de oportunidade considera tanto o valor econômico quanto a relevância cultural da preservação do bem. No estudo de caso apresentado, o artigo analisa a "Casa dos Contos", localizada em Ouro Preto (MG), que faz parte do Patrimônio da Humanidade reconhecido pela UNESCO. A avaliação utilizou uma combinação de metodologias, com destaque para o custo de reposição líquido e uma análise fatorial com o uso do software SPSS. O estudo mostrou que além de características econômicas, fatores históricos e culturais são determinantes na definição do valor desses patrimônios. A equação final, resultante da análise fatorial, apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 96,2%, indicando alta precisão na estimativa do valor da edificação, que foi calculado em cerca de 2.083.966,64 euros, ou aproximadamente 8 milhões de reais. A pesquisa demonstra que o valor de mercado de imóveis históricos frequentemente excede sua dimensão econômica, devido à sua relevância cultural e simbólica. O estudo conclui que uma avaliação eficaz de patrimônios históricos exige a combinação de diferentes métodos, garantindo que o valor econômico esteja alinhado com a preservação da identidade cultural e a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Avaliação de Patrimônio Histórico, Sustentabilidade Cultural, Valorização Econômica

### ABSTRACT

The evaluation of historical buildings is a fundamental activity for preserving the cultural, social, and economic value of these assets. This article discusses the main methods applicable to historical heritage in accordance with the ABNT NBR 14653-7 standard and highlights the particularities of these processes. The assessment of unique assets goes beyond traditional market analyses, integrating variables such as cultural value and the preservation of historical identity. Among the methods discussed, the hedonic price method stands out, attributing value based on specific property attributes such as location, structural characteristics, and the socioeconomic context of the region. Another method explored is the travel cost method, which measures the value of heritage through tourism demand, considering transportation costs, frequency of visits, and economic factors of the area. Furthermore, the contingent valuation method seeks to estimate a property's hypothetical value based on individuals' perceptions, using surveys to assess how much a respondent would be willing to pay for the property or its use. The opportunity cost method also considers both the economic value and the cultural relevance of the property's preservation. In the presented case study, the article analyzes the "Casa dos Contos" located in Ouro Preto

(MG), part of the UNESCO World Heritage site. The evaluation used a combination of methodologies, with emphasis on the net replacement cost and a factor analysis using SPSS software. The study showed that, in addition to economic characteristics, historical and cultural factors are determinant in defining the value of these heritage properties. The final equation, resulting from factor analysis, presented an adjusted determination coefficient of 96.2%, indicating high precision in the estimated value of the building, which was calculated at approximately 2,083,966.64 euros, or about 8 million reais. The research demonstrates that the market value of historical properties often exceeds their economic dimension due to their cultural and symbolic relevance. The study concludes that effective evaluation of historical heritage requires combining different methods to ensure that economic value aligns with cultural identity preservation and sustainability.

**Keywords:** Historical Heritage Evaluation, Cultural Sustainability, Economic Valuation.

*Copyright © 2024, Luis Felipe Ferreira; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.*

**Citação:** FERREIRA, Luis Felipe; MATSUDA, Gabriel. Métodos para avaliação de impactos ambientais de projetos de Engenharia. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguacu, v. 2, n. 6, p. 08-12, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

O termo Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) foi relatado pela primeira vez a partir dos estudos desenvolvidos nos Estados Unidos da América (EUA), com a publicação da National Environmental Policy Act-NEPA (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente) no ano de 1970.

No Brasil, o primeiro procedimento jurídico referente à AIA foi a Lei de Zoneamento Industrial nas Áreas Críticas de Poluição, que consiste da Lei Federal nº 6.803/80 (BRASIL 1980). No ano seguinte, com a criação da Lei Federal nº 6.938/1981 que aborda sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, foi instituído em seu Art.9º inciso III, a avaliação de impacto ambiental como instrumento de gestão pública ambiental no Brasil (BRASIL, 1981).

Ainda na década de 80, foi publicada a Resolução nº 001/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para a AIA (BRASIL, 1986). A referida resolução define impactos ambientais como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”. Nesse contexto, nota-se que inúmeras áreas da engenharia civil são relacionadas a tais conceitos.

A indústria da construção civil é uma das maiores em todo o mundo além de ser uma grande geradora de PIB – Produto Interno Bruto. Em contrapartida, é uma grande máquina consumidora de recursos naturais, além da demanda de abertura de grandes áreas para a implantação de empreendimentos, como por exemplo: rodovias, barragens loteamentos entre outras. Para que o progresso e a preservação ocorram, pode-se utilizar de alguns instrumentos legais que

regulamentam a maneira mais adequada de realizar a exploração dos recursos naturais, como é o caso do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, dos quais utilizam-se diversos métodos para sua elaboração, como os métodos AD HOC, de matrizes e interações, de Delphi, entre outros.

## METODOLOGIA

Tendo em vista a pertinência do conteúdo no que diz respeito a atualidade, foi realizado uma pesquisa bibliográfica, envolvendo a coleta de informações e dados contidos em documentos impressos, como artigos, dissertações e livros publicados, servindo como base teórica para a pesquisa e possibilitando a exploração de estudos que contribuam para o desenvolvimento do trabalho. A pesquisa bibliográfica consiste em um levantamento ou revisão de obras já publicadas, com o objetivo de fundamentar o trabalho científico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível definir o Estudo de Impacto Ambiental – EIA como um documento técnico-científico baseado no levantamento ambiental dos meios socioeconômico, biótico e físico, avaliação dos possíveis impactos ambientais de projeto, aceitação dos impactos positivos e negativos, sugestão de programas de monitoramento e acompanhamento ambiental. Já Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, é um documento elaborado com base nas informações de conclusão contidas no EIA, sendo exibido de formas simples e objetiva a inclusão de toda a população. Serão apresentados nesta mesma etapa algumas Audiências Públicas com intuito e participação de toda a população afetada ou interessada no assunto seja examinada (IBAMA, 2014).

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 01/1986, são inúmeras as atividades com capacidade

de causar impactos importantes ao meio ambiente que deverão desenvolver o EIA, sendo as principais atividades ligadas à indústria da construção civil os projetos urbanísticos (>100ha); usina de geração de energia elétrica (>10MW); estradas de rodagem com duas faixas ou mais faixas; e lançamentos de esgotos sanitários.

Um dos principais métodos para Avaliação de Impacto Ambiental – AIA é o método de AD HOC, que surgiu pela necessidade da tomada de decisões no que diz respeito à implantação de projetos. Nele, considera-se o parecer de especialistas em cada espécie de impacto resultante do projeto, além dos pontos econômicos e técnicos.

O método consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares com profissionais qualificados em diferentes áreas de atuação, os quais apresentam suas impressões baseadas na experiência para elaboração de um relatório que irá relacionar o projeto a ser implantado com seus possíveis impactos causados (STAMM, 2003).

Tal metodologia quando utilizada isoladamente deve desenvolver a AIA de forma simples, e de fácil interpretação, sendo difundida em situações das quais os profissionais lidam com escassez de dados e quando a avaliação deve ser disponibilizada em um curto espaço de tempo (CARVALHO; LIMA, 2010). Consequentemente, por sua rapidez, gera menores gastos e é facilmente compreensível pelo público em geral. Entretanto, exibe um alto grau de subjetividade, uma vez que considera a análise qualitativa e ignora o caráter quantitativo da avaliação, além de ser passível de espacialização via Sistema de Informação Geográfica – SIG e utilizar informações que normalmente já se encontram disponíveis (RANIERI et al., 1998).

Já o método de matrizes de interações refere-se a uma listagem de controle bidimensional que relaciona os fatores com as ações. Tal método é muito eficiente na identificação de impactos diretos, nos quais a alteração do ambiente que entra em contato com a ação transformadora, visto que tem por objetivo relacionar as interações entre os fatores ambientais e os componentes do projeto (FINUCCI, 2010).

A metodologia de matriz de interações teve início a partir da tentativa de suprir as falhas observadas nas listagens, também conhecido como checklists. O método de checklists foi um dos primeiros a ser criado, sendo o mais simples, e também consiste na elaboração de uma lista de verificação, onde são elencados os principais impactos ambientais como o AD HOC, entretanto, se difere deste último por considerar somente as diferentes etapas do projeto, como a implantação, operação e desativação e não o conhecimento empírico dos profissionais. A Matriz de Leopold, elaborada em 1971, é uma das mais conhecidas e utilizadas mundialmente, sendo que a mesma foi projetada com o intuito de avaliar os

impactos associados a quase todos os tipos de implantação de projetos (BECHELLI, 2010).

A referida Matriz é baseada em uma lista de 100 ações com potencial de possíveis provedores de impacto ambiental e 88 características ambientais (FINUCCI, 2010). Faz-se necessário assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para que posteriormente se estabeleça a magnitude e a importância de cada impacto em uma escala que varia de 1 a 10. A partir disto, é possível identificar e avaliar se o impacto em questão é positivo ou negativo (OLIVEIRA; MOURA, 2009).

Enquanto a medição da magnitude dos impactos é relativamente objetiva ou baseada em critérios empíricos, uma vez que se refere ao grau de alteração causado por uma determinada ação sobre o meio ambiente, a atribuição de pontuação para a importância de cada impacto é subjetiva ou normativa. Isso ocorre porque envolve a atribuição de um valor relativo ao fator afetado dentro do contexto do projeto. Ademais, o método não estabelece o princípio da exclusão e não relaciona os fatores de acordo com seus efeitos finais, o que pode resultar na duplicidade de um mesmo impacto. Além disso, não há distinção clara entre os efeitos a curto e médio prazos, e certos pontos críticos do impacto ambiental podem ser negligenciados (TOMMASI, 1994).

Há ainda o método Delphi. Seu nome possui origem no Oráculo de Delphos e foi desenvolvido em órgãos associados à Defesa Estadunidense no início da década de 1950, em plena Guerra Fria (TUROFF; LINSTONE, 2002). O seu objetivo principal era “obter um consenso fiável de um grupo de militares especialistas em defesa sobre possíveis ataques com bombas atômicas” (BOBERG; MORRIS-KHOO, 1992, p. 27).

A partir dos anos 1960, essa técnica começou a ser aplicada na previsão de acontecimentos em diversos outros setores (LINSONE; TUROFF, 2002) e, hoje em dia, é usada em várias áreas, inclusive como metodologia para impactos ambientais.

Normalmente consiste num conjunto de questionários que são respondidos, de maneira sequencial, individualmente pelos participantes, com informações resumidas sobre as respostas do grupo aos questionários anteriores (OSBORNE et al., 2003), de modo a se estabelecer uma espécie de diálogo entre os participantes e, gradualmente, ir construindo uma resposta coletiva.

Os resultados são analisados pelos pesquisadores entre cada rodada de questionários. São observadas as tendências e as opiniões dissonantes, bem como suas justificativas, sistematizando-as e compilando-as para, posteriormente, as reenviar ao grupo. Assim, depois de conhecer as opiniões dos outros membros e a resposta do grupo, os participantes têm a oportunidade de refinar, alterar ou defender as suas respostas e enviar novamente aos pesquisadores, para que eles reelaborem o novo questionário a partir

dessas novas informações. Esse processo é repetido até se atingir um consenso (GRISHAM, 2009).

Ainda é possível analisar os impactos ambientais na construção civil e seus referentes processos construtivos, a partir da análise de inventários. Pode-se realizá-los exibindo os aspectos detalhados dos dados de entradas e saídas de energia, matérias, e outras substâncias utilizadas em outras fases da obra. Os dados contidos no inventário, são relacionados a variadas categorias de impacto, examinando os conhecimentos dos impactos ambientais e econômicas comprometidos no processo (CIVIL, 2014).

## CONCLUSÕES

Indicar de forma objetiva as principais conclusões do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA são ferramentas cruciais para a avaliação dos impactos que grandes empreendimentos podem causar no meio ambiente. Elas fornecem uma análise abrangente dos aspectos socioeconômicos, bióticos e físicos, propondo medidas mitigadoras para minimizar os impactos negativos. Os métodos utilizados para essas avaliações, como o AD HOC, a matriz de interações e o Delphi, têm suas particularidades, vantagens e limitações. Enquanto alguns são mais rápidos e práticos, como o AD HOC ou o mais antigo, método de checklists, outros oferecem uma análise mais detalhada e abrangente, como a matriz de Leopold, permitindo identificar e quantificar os impactos de forma mais sistemática.

Pode-se inferir que cada metodologia tem sua aplicação adequada conforme as características do projeto e as necessidades específicas de cada avaliação. É de suma importância que a escolha do método mais adequado leve em consideração a natureza do projeto, os dados disponíveis e os objetivos da análise, para que se possa obter um resultado consistente, confiável e acessível tanto para os especialistas quanto para a população envolvida. Desta forma, o EIA, o RIMA e os métodos para gerá-los garantem que a construção civil possa se desenvolver de maneira sustentável, considerando a preservação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei nº 6.803**, de 02 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 jul.1980.
- BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 set.1981.
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.
- BECHELLI, C. B. Utilização de matriz de impactos como ferramenta de análise em estudos de impacto de vizinhança: edifício residencial em Porto Rico – PR. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, **Anais...** Porto Alegre. 2010.
- BOBERG, A. L.; MORRIS-KHOO, S. A. The Delphi method: a review of methodology and an application in the evaluation of a higher education program. **The Canadian Journal of Program Evaluation**, v. 7, n. 1, p. 27-39, 1992.
- CARVALHO, D. L.; LIMA, A. V. Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, **Anais...** Porto Alegre. 2010.
- FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos**. 2010. 230f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP.
- GRISHAM, T. The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 1, p. 112-130, 2009.
- TUROFF, Murray; LINSTONE, Harold A. **The Delphi method: techniques and applications**. Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co., Advanced Book Program, 2002.
- OLIVEIRA, F. C.; MOURA, H. J. T. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **PRETEXTO**, v. 10, n. 4, p. 79-98, 2009.
- OSBORNE, C. S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R.; DUSCHL, R. What “Ideas-about-Science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of Research in science teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

RANIERI, S. B. L.; SPAROVECK, G.; SOUZA, M. P.;  
DOURADO NETO, D. Aplicação de índice  
comparativo na avaliação do risco de degradação  
das terras. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 751-760,  
1998.

STAMM, H. R. **Método para avaliação de impacto  
ambiental (AIA) em projetos de grande porte:  
estudo de caso de uma usina termelétrica.**

2003. 284f. Tese (Doutorado em Engenharia de  
Produção) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Florianópolis.

TOMMASI, L.R. **Estudo de impacto ambiental.** São  
Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática.  
1994, 354p.

## MODELAGEM DE ESTRUTURAS EM 3D COM ÁLGEBRA LINEAR – APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL

Ana Luíza Schwantes Maier\*; Yan Carlos Rauber\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmicos de Engenharia Civil - Uniguaçu, [maieranaluiza@gmail.com](mailto:maieranaluiza@gmail.com); [cristalmissal9@gmail.com](mailto:cristalmissal9@gmail.com)

\*\*Mestre Engenharia de Energia na Agricultura – UNIOESTE, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

A modelagem de estruturas em 3D é fundamental na engenharia civil, permitindo a visualização e análise detalhada de projetos complexos. Este estudo explora a aplicação da álgebra linear na modelagem tridimensional, destacando sua relevância para a representação geométrica e a análise estrutural de construções. A revisão bibliográfica sistemática abrangeu publicações dos últimos cinco anos e demonstrou como a álgebra linear, combinada com o Building Information Modeling (BIM) e softwares especializados como AutoCAD e Revit, otimiza processos e assegura a segurança estrutural. Tecnologias emergentes, como a Realidade Virtual (RV), também são discutidas por ampliarem as possibilidades de interação e comunicação com clientes, melhorando a tomada de decisões. O estudo conclui que a integração da álgebra linear na modelagem 3D é essencial para garantir a precisão, segurança e eficácia nos projetos de engenharia civil.

**Palavras-chave:** Aplicabilidade; Estruturação; Construção Civil.

### ABSTRACT

3D structure modeling is essential in civil engineering, enabling detailed visualization and analysis of complex projects. This study explores the application of linear algebra in three-dimensional modeling, highlighting its importance for geometric representation and structural analysis of constructions. A systematic literature review covering publications from the last five years demonstrates how linear algebra, combined with Building Information Modeling (BIM) and specialized software like AutoCAD and Revit, optimizes processes and ensures structural safety. Emerging technologies, such as Virtual Reality (VR), are also discussed for enhancing client interaction and communication, thus improving decision-making. The study concludes that integrating linear algebra in 3D modeling is vital to ensuring accuracy, safety, and efficiency in civil engineering projects.

**Keywords:** Applicability, Structuring, Civil Construction.

Copyright © 2024, Ana Luíza Schwantes Maier; Yan Carlos Rauber; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** MAIER, Ana Luíza Schwantes; RAUBER, Yan Carlos; MATSUDA, Gabriel. Modelagem de estruturas em 3D com álgebra linear – aplicações na Engenharia Civil. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 13-16, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

A modelagem de estruturas em 3D tem se tornado uma prática essencial na engenharia civil, permitindo a visualização detalhada e a análise precisa de projetos complexos (MACEDO, 2024). Com o avanço das tecnologias computacionais, a utilização de métodos matemáticos, como a álgebra linear, tem se mostrado fundamental para a construção de modelos tridimensionais de estruturas. A álgebra linear, por meio de operações com matrizes e vetores, oferece

ferramentas robustas para a representação e manipulação de dados geométricos, sendo indispensável para a resolução de problemas que envolvem forças, tensões e deformações em estruturas (LOPES, 2022).

A importância da modelagem de estruturas na engenharia civil reside no fato de que ela possibilita a visualização tridimensional detalhada das construções, o que auxilia na identificação de falhas e na otimização do projeto (DA SILVA, 2023). A modelagem também é fundamental para a análise

estrutural, permitindo a simulação de diferentes cenários e a verificação da segurança e estabilidade das estruturas. Portanto, a modelagem de estruturas em 3D é uma ferramenta indispensável para a engenharia civil, contribuindo para a qualidade e eficiência das construções (JAIME; BLUMENSCHNEIN, 2023).

Neste contexto, a aplicação da álgebra linear na modelagem de estruturas em 3D permite uma abordagem mais eficaz e precisa na análise estrutural, possibilitando a otimização de projetos e a garantia de segurança e eficiência.

O presente trabalho tem como objetivo explorar a interseção entre a álgebra linear e a modelagem de estruturas em três dimensões, destacando suas aplicações práticas na engenharia civil.

## METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de mapear e analisar as aplicações da álgebra linear na modelagem de estruturas em 3D na engenharia civil. A pesquisa será baseada em artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos acadêmicos, com foco naqueles publicados nos últimos cinco anos. As principais fontes de pesquisa incluem bases de dados como ScienceDirect, Google Acadêmico, além de publicações especializadas em engenharia estrutural e modelagem computacional.

Foram utilizadas palavras-chave específicas para orientar a busca, tais como "modelagem 3D", "álgebra linear", "engenharia civil", "estruturas tridimensionais", "simulação estrutural", "métodos computacionais", e "análise estrutural". As palavras-chave foram combinadas de diferentes maneiras para garantir uma abrangência adequada e a inclusão de estudos relevantes, permitindo uma análise crítica das metodologias e ferramentas utilizadas na modelagem de estruturas em 3D com o uso da álgebra linear.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Modelagem de Estruturas em 3D com Álgebra Linear

Um método de estruturas 3D utilizado, que aborda todo o projeto de elaboração, construção e documentação da obra, levando em consideração todo o seu ciclo de vida, é o BIM (do inglês, Building Information Modeling). Ele inclui, através do uso de ferramentas integradas, informações como simulação e operacionalização, por meio de levantamentos quantitativos (JALAEI; JRADE; NASSIRI, 2015).

De acordo com Succar (2016), o BIM é definido como "um conjunto de tecnologias, processos e políticas que permitem que várias partes interessadas possam projetar, construir e operar uma instalação de

forma colaborativa". Assim, alinhada a álgebra linear, temos a ferramenta como uma ajuda no desenvolvimento de construções e análises matemáticas, auxiliando na otimização de processos e também em testes de hipóteses, lidando com equações e funções lineares, para entendimento de dimensões dentro do projeto e realizando operações nestes planos.

### Aplicações Práticas na Engenharia Civil

A álgebra linear é uma das ferramentas fundamentais de um engenheiro, pois permite a análise e criação de modelos mais avançados de estruturas com alta precisão e eficácia. "Quanto mais complexa for a estrutura, maior será seu número de equações e variáveis possíveis, tornando-se mais simples e fácil ter-se um resultado fazendo a utilização da álgebra linear." (ALMEIDA et al., 2022). Com o uso da álgebra é possível determinar o desempenho de estruturas sobre condições de cargas em vários cenários. Com essa ferramenta é crucial para garantir a segurança e determinar a estabilidade das construções, o que permite modificações para que as torne mais seguras.

A modelagem 3D, incrementada por conceitos de álgebra linear, melhora a visualização de projetos, tornando-os mais visíveis para os engenheiros e seus clientes. Com a utilização de Softwares como o AutoCad, Revit ou até mesmo o Blender, que utilizam de medidas para criar objetos tridimensionais, permite uma análise mais detalhada da construção no seu meio natural. Com a utilização desses Softwares "É possível obter as seguintes informações de um projeto: geometria, detalhes construtivos, especificações de componentes, dados quantitativos inclusive com preço de materiais e fabricantes, informações construtivas, dentre outras ferramentas que a tecnologia disponibiliza" (SOUSA, 2021) que beneficia e auxilia os engenheiros para um processo mais eficiente e com maior exatidão.

### Modelagem de Pontes e Viadutos

A partir do conceito apresentado inicialmente sobre BIM, começam a surgir ferramentas aplicadas a pontes, o BrIM (do inglês, Bridge Information Modeling – Modelagem de Informações de Pontes). O BrIM, passa a se tornar indispensável na engenharia das pontes, visto que não representa apenas a forma geométrica, mas sim trata a representação das mesmas de forma inteligente, contendo todas as informações necessárias do seu ciclo de vida (MARZOUK; HISHAM, 2012).

A definição do conceito de BIM, atrelado ao caso de pontes e viadutos, também denominados de Obras de Arte Especiais (OAE), é desenvolvida por Pinto (2016), como: "um conceito, metodologia ou tecnologia que consiste na criação de um modelo virtual tridimensional coordenado da ponte, onde todos

os documentos de construção e as características intrínsecas de toda a estrutura são armazenados numa base de dados, inteiramente ligada às características geométricas da ponte e partilhada por todos os intervenientes durante todas as fases do ciclo de vida da ponte (projeto, construção, manutenção, demolição), nomeadamente entre as diversas especialidades, construtores e o dono de obra.”

### **Futuro da Modelagem de Estruturas em 3D**

A modelagem 3D, aliada a aplicativos e softwares focados para a engenharia e desing de interiores estão se tornando cada vez mais completos e avançados. Eles permitem a criação de projetos virtuais, com detalhamentos de alocação de mobiliários e espaços, permitindo também a produção e personalização de objetos, e oferecendo recursos de cálculos precisos de dimensão e métodos quantitativos. Desso modo, é possível analisar as preferências e gostos do cliente a qual a obra será executada, de maneira mais prática e que atendam as suas necessidades (BARBOSA, 2023).

Existem, além do BIM, softwares especializados na modelagem 3D, como exemplo Revit, AutoCAD, SketchUp e Blender. Eles nos mostram através de maquetes virtuais, como ficará o ambiente através da conclusão do projeto, podendo ser feita a experimentação com diferentes modelos de layout, materiais a serem usados, estilos de decoração, a fim de se ter uma tomada de decisão mais eficaz e acertiva, a fim de serem evitados também custos desnecessários de materiais e mão de obra (BARBOSA, 2023).

De acordo com Eastman et al. (2021), citam que “a adoção generalizada do BIM e o uso de um modelo digital abrangente ao longo do ciclo de vida de uma edificação seriam um passo na direção certa para eliminar tais custos resultantes de interoperabilidade de dados inadequada”. Aliado a esse conceito, Deloitte (2023) adiciona de que esses custos afetam também a margem de lucro e a competitividade dentro do mesmo, e que, portanto, é de extrema importância que se invistam nas tecnologias a fim de reduzir custos e aumentar a eficiência e entrega do projeto ao consumidor final.

### **Tendências e Inovações na Área**

A nova tendência para a modelagem 3D chamada de RV (Realidade Virtual) esta revolucionando o modo como se interage com os projetos. Essa tecnologia inovadora permite que engenheiros e arquitetos interajam diretamente com seus projetos no mundo virtual, "A Realidade Virtual é também uma mais valia para os projetistas e para o cliente nas reuniões de projeto, nomeadamente na comunicação de problemas e soluções" (SOUSA, 2020), essa tecnologia não só facilita na identificação de problemas como auxilia na apresentação para o cliente com uma visão mais completa e profissional, tonando a comunicação

mais ágil e efetiva ,o que acelera as tomadas de decisões e aumenta a satisfação do cliente com a obra.

A aplicação de álgebra linear em conjunto com a RV esta aumentando as possibilidade de análise de estruturas. As simulações em mundo virtual, integradas a álgebra linear permite a modelagem e a resolução de problemas de modo mais eficaz e ágil. “Usando o software “Cave Automatic Virtual Environment” (CAVE) (Ambiente Automático Virtual Cave) é possível que os gerentes e projetistas visualizem as implicações em termos de segurança que diferentes projetos podem apresentar” (SOARES; FRIAS, 2020) isso auxilia na visualizar o comportamento das estruturas, o que permite que abordagens mais flexíveis e dinâmicas para a solução de problemas.

## **CONCLUSÕES**

A modelagem de estruturas em 3D, junto da álgebra linear, revela-se uma ferramenta imprescindível na engenharia civil contemporânea. Este estudo desta a intersecção entre essas disciplinas, evidenciando como a álgebra linear permite a criação de modelos precisos e a análise eficaz de estruturas.

Os resultados da pesquisa mostram que a aplicação do Building Information Modeling (BIM) e suas variações, como o Bridge Information Modeling (BrIM), não apenas facilitam o planejamento e a execução de obras, mas também promovem uma gestão eficiente ao longo do ciclo de vida das construções. A utilização de softwares avançados, como Revit e AutoCAD, demonstra como a tecnologia pode otimizar processos e minimizar erros, contribuindo para a segurança e a estabilidade das estruturas. Além disso, a introdução de tecnologias emergentes, como a Realidade Virtual (RV), abre novas perspectivas para a visualização e interação com projetos, aprimorando a comunicação entre profissionais e clientes.

Diante do exposto, conclui-se que a integração da álgebra linear na modelagem 3D não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para garantir a eficácia e a segurança nas práticas de engenharia civil.

## **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, V et al. APLICAÇÕES DA ALGEBRA LINEAR NA ENGENHARIA CIVIL. XVII Semana Universitária, **Anais... XVI Encontro de Iniciação Científica e IX Feira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, Centro Universitário de Mineiros - Unifimes, ano 2022, v. 1, n. 1, 6 dez. 2022.

BARBOSA, Leonidas. **Tecnologias emergentes: o futuro do design**. Realidade Virtual. Manaus, 2023. p. 3-7. Disponível em:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/106241619/LEONIDAS\\_BARBOSA-libre.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/106241619/LEONIDAS_BARBOSA-libre.pdf). Acesso em: 20 out. 2024.

DA SILVA, R. O. V. R. (2023). **Visão computacional e inteligência artificial aplicadas à avaliação do progresso de construções em simulações BIM 4D**. 2023. 148f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

EASTMAN, Chuck; SACKS, Rafael; TEICHOLZ, Paul; GHANG, Lee. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

JAIME, I. S.; BLUMENSCHNEIN, R. N. As cidades inteligentes e a Modelagem da Informação da Cidade (City Information Modeling): convergência de inteligência artificial, IoT, Big Data e Blockchain. **Scientific Journal ANAP**, v. 1, n. 3 p. 297-313, 2023.

JALAEI, F.; JRADE, A.; NASSIRI, M. Integrating Decision Support System (DSS) and Building Information Modeling (BIM) to Optimize the Selection of Sustainable Building Components. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 20, n. 25, p. 399-420, 2015

LOPES, Antônio Charles Nogueira. **Proposição de utilização da metodologia BrIM na elaboração de um projeto de ponte em concreto armado**. 2022. 59f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade de Ari de Sá, Fortaleza.

MACÊDO, Matheus Santos de. **Os benefícios do uso do BIM na redução dos custos de obra decorrentes da não compatibilidade entre projetos de engenharia: revisão sistemática de literatura**. 2024. 68f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MARZOUK, M.; HISHAM, M. Bridge information modeling in sustainable bridge management. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE DESIGN AND CONSTRUCTION**, 2011, Kansas City. Proceedings [...]. Kansas City: ASCE, 2012. p. 457-466.

PINTO, Ricardo Filipe Freitas. **Aplicação da metodologia BIM ao projeto de pontes: Caso prático**. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

SOARES, Fernando José; FRIAS, Romão Coutinho. **Utilização da estratégia de jogos para formação na área da prevenção de acidentes na construção**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

SUCCAR, B. **Building Information Modeling: organisational implementation & macro adoption**. In: INTERNATIONAL FORUM ON BIM, 2016.

## O USO DE DRONES E TECNOLOGIA DE SENSORIAMENTO REMOTO EM AVALIAÇÕES

Laura Galvan Lazzarin\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmica de Engenharia Civil - Uniguaçu, [lauraglazzarin@gmail.com](mailto:lauraglazzarin@gmail.com).

\*\*Mestre Engenharia de Energia na Agricultura – UNIOESTE, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

O uso de drones e tecnologias de sensoriamento remoto representa uma inovação significativa nas avaliações imobiliárias, facilitando a obtenção de dados precisos e detalhados de imóveis e terrenos. Este estudo explora o impacto desses avanços no setor, destacando a aplicabilidade dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e da fotogrametria digital, que, junto aos drones, promovem uma coleta de dados mais rápida e econômica em comparação com métodos tradicionais. Além disso, os drones equipados com sensores térmicos e multiespectrais possibilitam diagnósticos precisos de patologias em edificações e análises do desempenho térmico. Com uma revisão bibliográfica dos últimos cinco anos, o estudo evidencia como esses recursos tecnológicos contribuem para avaliações mercadológicas mais confiáveis e transparentes, oferecendo insights úteis aos avaliadores. A pesquisa conclui que o uso de drones e ferramentas de SIG é fundamental para aumentar a precisão, eficiência e transparência nos processos de avaliação imobiliária, trazendo benefícios ao mercado e à engenharia civil.

**Palavras-chave:** Sistemas de Informação Geográfica (SIG); Sensoriamento Remoto; Avaliações Imobiliárias; Construção Civil

### ABSTRACT

The use of drones and remote sensing technologies represents a significant innovation in real estate evaluations, facilitating the acquisition of precise and detailed data on properties and land. This study explores the impact of these advancements in the sector, highlighting the applicability of Geographic Information Systems (GIS) and digital photogrammetry, which, alongside drones, enable faster and more cost-effective data collection compared to traditional methods. Additionally, drones equipped with thermal and multispectral sensors allow for accurate diagnoses of building pathologies and thermal performance analysis. Through a literature review of the last five years, the study highlights how these technological resources contribute to more reliable and transparent market evaluations, providing valuable insights to appraisers. The research concludes that the use of drones and GIS tools is essential for increasing accuracy, efficiency, and transparency in real estate evaluation processes, benefiting both the market and civil engineering.

**Keywords:** Geographic Information Systems (GIS); Remote Sensing; Real Estate Evaluation; Civil Engineering

**Copyright** © 2024, Laura Galvan Lazzarin; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** LAZZARIN, Laura Galvan.; MATSUDA, Gabriel. O uso de Drones e tecnologias de sensoriamento remoto em avaliações. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 17-20, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

O início da tecnologia que deu origem aos drones pode ser atribuída à Segunda Guerra Mundial, a qual contou com a presença do conceito de lançamento remoto com bombas criadas pelos alemães através do

lançamento de bombas V1 Buzz Bomb. Já em 1973 este conceito foi tomando corpo e sendo desenvolvida com sua aplicação em aeronaves por meio do projeto Aquila da Força Aérea Americana, este, porém, não alcançou as expectativas necessárias de sucesso, originando assim o drone como conhecemos

hodiernamente através do engenheiro aeroespacial Abraham E. Karem, conhecido como pai dos drones, o qual projeta o drone Albatross e mais tarde unir-se-ia ao governo norte-americano (WHITTLE, 2013).

Segundo Decea (2018), os drones são considerados aeronaves uma vez que estes equipamentos aéreos possuem motores ou rotores, interagem com as reações aerodinâmicas do ar e realizam transporte de cargas, câmeras, sensores e demais fins. Estes, estão se tornando cada vez mais populares e vêm conseguindo sua regulamentação no Brasil com a inovações tecnológicas e suas evoluções vêm causando grandes impactos em diversos ambientes, inclusive no âmbito da engenharia civil.

O desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto e processamento de informações vem ocorrendo em termos de melhor disponibilidade e menor dificuldade de acesso, novos sistemas sensores, novos procedimentos de processamento de imagem e desenvolvimento de hardware e software. O uso de ferramentas computacionais como os Sistemas de Informações Geográficas - SIG é cada vez mais frequente e possuem uma base de dados confiáveis (BLASCHE; KUX, 2007).

A aerofotogrametria já é utilizada no Brasil em apoio ao estudo de definição de traçado de sistemas viários e no detalhamento de projetos finais de estradas e ferrovias, mas com o advento de novas tecnologias, sobretudo com o desenvolvimento da fotogrametria digital, observou-se a necessidade de realizar-se uma revisão de procedimentos antigos.

Com as novas tecnologias, detectou-se um significativo desenvolvimento da aerofotogrametria digital convencional, bem como a criação de sistemas de imageamento aéreo digital de baixo custo. A utilização de imagens aéreas, obtidas de câmeras digitais não-métricas, é uma alternativa tecnológica que apresenta um custo viável às aplicações em aerolevantamentos para fins de estudos ambientais, anteprojetos de rodovias e em outras aplicações na engenharia, inclusive no que diz respeito à avaliações e perícias de imóveis.

Empresas americanas e europeias utilizam sistemas de imageamento aéreo de baixo custo, compostos por dispositivos de acoplagem a aeromodelos e aeronaves convencionais como helicópteros e aviões pequenos, utilizando câmeras não-métricas previamente calibradas. Os resultados das precisões posicionais são compatíveis com várias aplicações nas engenharias, e com levantamentos de áreas pequenas e estudos emergenciais (RUY et al, 2007; MENESE et al, 2008).

Considerando o advento de tal tecnologia, pode-se considerar que a mesma é capaz de revolucionar a forma como as avaliações de imóveis são realizadas, uma vez que esta pode trazer maior precisão, eficiência, segurança e otimização do tempo para o processo, sendo capaz de transformar tanto o mercado

imobiliário quanto os setores associados, como a engenharia civil, geografia, arquitetura e urbanismo. Dessa forma, o presente trabalho busca demonstrar como o uso de drones e a tecnologia de sensoriamento pode ser relevante ao meio das avaliações e perícias, a fim de que os avaliadores realizem levantamentos mais detalhados e seguros, ao passo que otimiza o tempo para tal serviço.

## METODOLOGIA

O tema demonstra-se de suma importância tendo em vista o advento das tecnologias no âmbito social, e, nesse caso, especificamente na área da engenharia civil. Dessa forma, será realizada uma pesquisa bibliográfica referente ao uso e possíveis usos de tal tecnologia nas avaliações e perícias de imóveis.

A pesquisa bibliográfica é o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico o que necessita uma dedicação, estudo e análise pelo pesquisador que irá executar o trabalho científico e tem como objetivo reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho científico. Para Gil (2002, p.44), a pesquisa bibliográfica “[...] é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

Assim podemos afirmar que ela consiste em um conjunto de informações e dados contidos em documentos impressos, artigos, dissertações, livros publicados; em que os textos e as informações são fontes para a base teórica da pesquisa e na investigação dos estudos dos textos que possam colaborar no desenvolvimento da pesquisa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso das geotecnologias no Brasil é recorrente em várias áreas do conhecimento científico, tornando-se hodiernamente, indispensáveis em pesquisas geográficas. No sensoriamento remoto realizado por Veículos Aéreos Não Tripulados – VANT, pode-se averiguar diversas vantagens, sendo a principal o tamanho reduzido da aeronave (BARCELOS, 2017), que oferece grande flexibilidade operacional, baixo custo de aquisição e manutenção, quando comparados a um avião tripulado, fato este refletido no grande destaque desta tecnologia para o sensoriamento remoto em geral.

O Sistema de Informações Geográficas – SIG é um conjunto de sistemas de softwares e hardwares capazes de produzir, armazenar, processar, analisar e representar inúmeras informações sobre o espaço geográfico, tendo como produto final mapas temáticos, imagens de satélites, cartas topográficas, gráficos e tabelas influenciando na tomada de decisão (CAEIRO, 2013).

A qualidade da decisão tomada pelo gerente vai depender da qualidade e relevância das informações disponíveis. Sendo assim é muito importante investir em um sistema de informação de gestão – SIG, para oferecer informações rápidas, precisas e principalmente úteis, que irão garantir uma estruturação de gestão diferenciada, o que resultará em vantagem competitiva (PALMA; DOS SANTOS, 2017).

Atualmente, grande parte das prefeituras do Estado do Paraná, possuem um sistema de informação de gestão da empresa CTMGEO – Soluções em Geotecnologia. Tal ferramenta é encontrada nos sites das prefeituras e promove a melhoria da Administração Pública e de toda gestão municipal, não somente no aspecto financeiro e de arrecadação, mas contemplando também as dimensões sociais, ambientais, físicas e jurídicas que um sistema de geoprocessamento pode potencializar. Dessa forma, o sistema colabora para a efetivação de sua autonomia e para a ampliação da transparência nas ações do poder público, fundamentos essenciais para a construção de uma cidade democrática, com justiça fiscal e social.

Esse sistema de informação vêm auxiliando o âmbito da engenharia civil, uma vez que é possível obter diversos dados do imóvel, como pode-se observar no exemplo a seguir.

Figura 1 - Espelho do imóvel no CTMGEO - município de São Miguel do Iguazu/PR

Dados da Consulta			
Cadastro:	4263 - 1	Inscrição:	011900050004001
		Data:	23/09/2024
Dados Cadastrais			
Loteamento:	JARDIM SOCIAL	Quadra:	0005
Logradouro:	AMBROSIO MAGGI	Número:	511
Bairro:	JARDIM SOCIAL	Testada Principal:	18,00
Área Lote:	900,00	Testada Secund. (m):	0,00
Área Un. (m²):	209,98	Núm. Unidades:	1
		Área Total. (m²):	209,98
Mapa de Localização			
Latitude:		Longitude:	
29° 20' 26,58" S		54° 14' 44,78" O	



Informações Territoriais			
Profundidade	Sim	Isoncao Imposto	Não
Murado	Sim	Paviso	Sim
Topografia	Plano	Diferença de área construída	14,49
Ocupação	Construído	Patrimônio	Particular
Situação Quadra	Mão de quadra	Tp.Imovel (Res/Chac)	Residencial Normal
Utilização	Residencial		
Informações de Edificação			
Estrutura	Alvenaria/Concreto	Paredes	Alvenaria
Padrão edificação	Médio/Médio	Alinhamento	Retangular
Cobertura	Zinco Metálico	Tipo Construção	Casa
Padrão edificação (BKP)	Médio	Área anterior	209,98
Revestimento Externo	Rabisco	Estado de Conservação	Normal
Posição	Isolada	Situação	Fronte
Vedação/Esquadrias	Alumínio		

Fonte: CTMGEO, 2024.

No sistema de informação de gestão fornecido pela CTMGEO, é possível imprimir o espelho do imóvel, conforme a figura acima. Com ele é possível retirar informações básicas tanto do lote quanto da benfeitoria, o que pode auxiliar no processo de avaliação mercadológica do mesmo. Ademais, no sistema ainda é possível verificar dados topográficos, que podem auxiliar no levantamento para futuras

construções no terreno indicado, conforme demonstrado na figura abaixo.

Figura 2 - Curvas de nível



Fonte: CTMGEO, 2024.

Concomitante a isso, estudos em Portugal apontaram o uso de drones para diagnóstico de patologias e desempenho térmico em fachadas de edifícios através de câmara térmica. A termografia de infravermelhos assume-se como uma técnica de captação de imagens térmicas, invisível ao olho humano, que permite determinar se existem irregularidades ou patologias, de acordo com a distribuição térmica emitida pela superfície em análise (BERNARDINO, 2018).

A radiação infravermelha é um tipo de energia eletromagnética deslocada à velocidade da luz, onde todos os objetos com temperaturas acima do zero absoluto (-273°C) a emitem e a absorvem. Quanto maior a radiação emitida, maior a temperatura da superfície (SILVA, 2016), encontrando-se no espectro eletromagnético entre a luz visível e as ondas radio, podendo os seus comprimentos de onda variar entre os 0,75 e os 1000 µm (BERNARDINO, 2018).

Além disso, a termografia permite assim a identificação de diferentes camadas, alterações derivadas da degradação natural dos materiais (possível identificar a dimensão, a posição e a origem da anomalia), tratamentos especiais nas superfícies e condições ambientais adversas, o que destaca esta técnica com eficácia na caracterização de materiais e estudos para restauração e manutenção (MEOLA; CARLOMAGNO; GIORLEO, 2004).

Assim, pode-se inferir tal técnica como sendo econômica e um ótimo instrumento a considerar na análise e diagnóstico da preservação de patrimônio, na análise de edifícios antigos a serem restaurados e no estudo dos seus materiais e elementos que os compõem (CORTIZO, 2007). Nesse contexto, pode-se surgir o uso de tal tecnologia para a avaliação mercadológica das benfeitorias, uma vez que tal técnica permite a visualização das condições dos materiais e sua deteriorização, podendo o avaliador estipular o tempo de vida útil do imóvel.

## CONCLUSÕES

O uso de drones e tecnologias de sensoriamento remoto tem se destacado como uma importante inovação no campo das avaliações imobiliárias. A aplicação de ferramentas como os Sistemas de Informação Geográfica – SIG, e a fotogrametria digital tem facilitado o levantamento detalhado de dados geoespaciais, permitindo uma análise mais aprofundada de terrenos e construções, com custos reduzidos.

Os drones, em particular, proporcionam uma grande flexibilidade operacional, além da diminuição do tempo necessário para a coleta de dados em comparação com métodos tradicionais. Aliados a sensores avançados, como câmeras térmicas e multiespectrais, os drones são capazes de identificar patologias em edificações, analisar o desempenho térmico e oferecer informações atualizadas sobre a condição física de um imóvel. Isso agrega valor ao processo de avaliação mercadológica, auxiliando avaliadores a tomar decisões mais informadas.

A tendência é que tais inovações continuem evoluindo, aumentando ainda mais a precisão e a eficiência dos processos de avaliação e perícia de imóveis. Assim, a adoção dessas ferramentas contribui para uma maior transparência e confiabilidade nas avaliações, além de atualização de recursos e tempo, elementos essenciais para o avanço do setor.

## REFERÊNCIAS

- BARCELOS, A. C. **O uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) em monitoramentos de campo: aplicabilidades e viabilidades**. 2017. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- BERNARDINO, A. A. N. **Desempenho Térmico de Revestimentos de Cobertura Utilizando a Técnica da Termografia**. 2018. 68f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Especialização em Construções). Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra.
- CAEIRO, S. **Sistemas de informação geográfica: principais conceitos**. 2013. 41f. Universidade Aberta.
- CORTIZO, E. C. **Avaliação da Técnica de Termografia Infravermelha para Identificação de Estruturas Ocultas e Diagnóstico de Anomalias em Edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico**. 2007. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CTMGEO – **Soluções em Geotecnologias**. Georreferenciamento do município de São Miguel do Iguazu/PR. Disponível em: <https://saomiguel.ctmgeo.com.br:10082/geo-view/index.ctm?mslinkLote=102433>. Acesso em: 21 de setembro de 2024.
- DECEA, **Comando da Aeronáutica**. AIC nº 24, de 11 de junho de 2018. Aeronaves remotamente pilotadas para uso exclusivo em operações dos órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de Fiscalização da Receita Federal. Rio de Janeiro, RJ, 2018.
- MEOLA, C.; CARLOMAGNO, G. M.; GIORLEO, L. The use of infrared thermography for materials characterization. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 155–156, n. 1–3, p. 1132–1137, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.268>.
- PALMA, J. A.; DOS SANTOS, L. P. Sistema de informação de gestão – SIG. **JICEX**, v. 9, n. 9, 2017.
- SILVA, F. A. M. da. **Diagnóstico da envolvente de um edifício escolar com recurso a análise termográfica**. 2016. f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
- WHITTLE, R. **The man who invented the Predator**. Air & Space Magazine, 2013. Disponível em: <https://www.airspacemag.com/flight-today/the-man-who-inventedthepredator-3970502/>. Acesso em: 20 set. 2024

## SOFTWARES E FERRAMENTAS DE MODELAGEM PARA PERÍCIAS TÉCNICAS

Carlos Eduardo da Silva Machado\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Cível - Uniguaçu, [carlosedsm2001@gmail.com](mailto:carlosedsm2001@gmail.com).

\*\*Mestre Engenharia de Energia na Agricultura – UNIOESTE, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

O uso de tecnologias teve um impacto significativo na perícia em engenharia, transformando a maneira como os peritos conduzem investigações, análises e avaliações. Este estudo foca na aplicação de softwares e ferramentas de modelagem avançada em perícias técnicas, particularmente na engenharia civil, onde o uso de modelagem 3D, scanners a laser, drones e câmeras de alta resolução tem se tornado cada vez mais importante. Essas tecnologias permitem uma coleta de dados mais precisa e detalhada, facilitando a identificação de problemas estruturais e falhas potenciais. Foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, com base em artigos, livros, teses e dissertações publicadas desde 2010, explorando os avanços na engenharia forense. A pesquisa conclui que inovações tecnológicas aprimoram a eficiência, a precisão e a transparência nas avaliações técnicas, beneficiando os profissionais e o setor da construção como um todo.

**Palavras-chave:** Perícia em Engenharia; Engenharia Forense; Modelagem 3D; Drones; Scanners a Laser; Engenharia Civil

### ABSTRACT

The use of technology has had a significant impact on engineering expertise, transforming the way experts conduct investigations, analyses, and evaluations. This study focuses on the application of advanced modeling software and tools in technical expertise, particularly in civil engineering, where the use of 3D modeling, laser scanners, drones, and high-resolution cameras has become increasingly important. These technologies enable more precise and detailed data collection, facilitating the identification of structural issues and potential failures. A systematic literature review was conducted, focusing on articles, books, theses, and dissertations published since 2010, exploring the advancements in forensic engineering. The research concludes that technological innovations enhance the efficiency, accuracy, and transparency of technical evaluations, benefiting professionals and the construction industry as a whole.

**Keywords:** Engineering Expertise; Forensic Engineering; 3D Modeling; Drones; Laser Scanners; Civil Engineering

Copyright © 2024, Carlos Eduardo da Silva Machado; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** MACHADO, Carlos Eduardo da Silva.; MATSUDA, Gabriel. Softwares e ferramentas de modelagem para perícias técnicas. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 21-23, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

Segundo Pereira (2023) A perícia em engenharia refere-se à aplicação de conhecimentos técnicos e especializados para investigar, analisar e fornecer soluções para problemas relacionados a engenharia. Ela envolve a avaliação e a determinação das causas de falhas, acidentes, danos estruturais,

defeitos de construção, entre outros aspectos técnicos. Podendo envolver várias áreas das diversas engenharias (Civil, Mecânica, Elétrica, Ambiental entre outras), com Profissionais experientes em suas áreas de atuação.

A expertise desses profissionais é fundamental para resolução de problemas complexos, envolvendo muitos conhecimentos técnicos. Esses profissionais são chamados para lidar com questões legais, como

litígios, disputas contratuais ou seguros, fornecendo um parecer imparcial e baseado em evidências científicas e técnicas.

A tecnologia tem tido um impacto significativo na perícia em engenharia, transformando a forma como os peritos conduzem suas investigações, análises e avaliações. A Construção Civil é um dos ramos que cada vez mais está tendo mudanças significativas junto aos avanços tecnológicos devido a isso os softwares e ferramentas de modelagem vem tendo um alto crescimento isso devido ao fato da sua precisão e análises cada vez mais detalhadas nas diversas áreas.

## METODOLOGIA

Uma revisão bibliográfica sistemática, que busca embasamento teórico sobre softwares e ferramentas de modelagem utilizados em perícias técnicas. Para isso, serão considerados artigos, livros, teses e dissertações publicados em revistas científicas e repositórios acadêmicos. A pesquisa será realizada nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, ResearchGate, JSTOR e Periódicos da CAPES. Os critérios de inclusão para a seleção dos materiais envolvem publicações a partir de 2010, relevância temática ao contexto de perícias técnicas e acesso a textos completos.

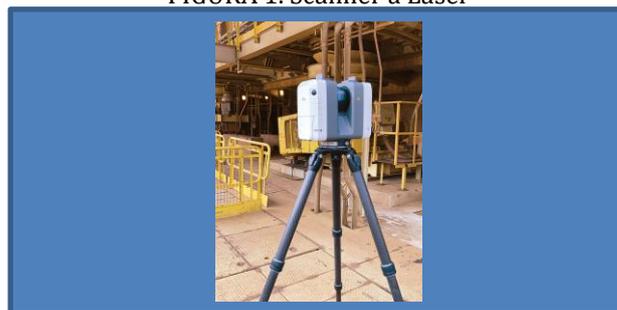
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pereira (2023) diz que as novas tecnologias têm tido grande influência já as perícias podem apresentar uma coleta de dados mais precisa, já que com ela é possível o uso de dispositivos avançados, como scanners a laser, câmeras de alta resolução, sensores e drones, para coletar dados precisos. Isso resulta em uma coleta de informações mais detalhada e abrangente, facilitando a análise e a compreensão dos problemas em questão. Além disso ainda é possível fazer a modelagem e simulações de forma digital e precisa de estruturas a construir ou já construídas, assim podendo fazer análises virtuais assim sendo mais fácil identificar possíveis falhas facilitando a compreensão de dados e fornecendo uma representação interativa e imersiva para os peritos e outras partes interessadas.

Essas análises podem ser feitas em tempo real e acompanhadas de uma equipe permitindo assim a colaboração de peritos trocando informações de maneira mais eficiente fazendo com que tomadas de decisões possam ser tomadas em maneira mais rápida e a tecnologia possibilita e efetiva o armazenamento e a análise eficiente de grandes volumes de dados. Os peritos podem acessar informações históricas, criar bancos de dados de casos anteriores e utilizar ferramentas de análise de dados para identificar padrões, tendências e insights relevantes.

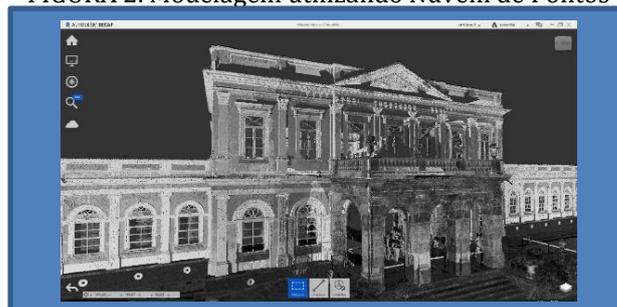
Alguns dos softwares mais utilizados na modelagem 3D para engenharia forense incluem Blender, 3ds Max, Maya e SketchUp1. Esses programas permitem a criação de modelos detalhados e realistas, essenciais para a análise e simulação de cenários complexos. Além disso, ferramentas como o FARO Zone 3D, Autodesk Recap, Drone Deploy, FARO SCENE 3D são especialmente projetadas para documentação de cenas forenses, oferecendo diagramas factuais e análises detalhadas podendo ser utilizando drones e scanners para fazer nuvem de pontos.

FIGURA 1. Scanner a Laser



Fonte da Figura: ERC Engenharia (2024).

FIGURA 2. Modelagem utilizando Nuvem de Pontos



Fonte da Figura: Autodesk (2024).

## CONCLUSÕES

A tecnologia teve um impacto significativo na perícia em engenharia, impulsionando inovações e melhorias nas análises e avaliações realizadas pelos peritos. Com o uso de ferramentas avançadas, como scanners 3D, drones e sensores, a coleta de dados se tornou mais precisa e detalhada, permitindo uma identificação mais eficaz das causas subjacentes dos problemas. Além disso, softwares de modelagem e simulação possibilitam a visualização de estruturas e sistemas de forma virtual, facilitando a análise e a detecção de falhas antes que ocorram.

Ademais, a análise de dados em tempo real, combinada com técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquina, proporciona informações atualizadas e preditivas, resultando em decisões mais embasadas e soluções mais eficazes. A tecnologia também promove a colaboração entre peritos através de plataformas online e ferramentas de compartilhamento de informações, aumentando a troca de conhecimento e aprimorando a qualidade dos resultados obtidos. Em resumo,

mo, a integração de tecnologias avançadas na perícia em engenharia torna o trabalho dos peritos mais eficiente, preciso e abrangente, beneficiando tanto os profissionais quanto a sociedade como um todo.

## REFERÊNCIAS

PEREIRA, João. Como a tecnologia tem influenciado a perícia em engenharia. **Blog da Ald Perícias**. Disponível em: <https://aldpericias.com.br/blog/pericias-engenharia/como-a-tecnologia-tem-influenciado-a-pericia-em-engenharia/>. Acesso em: 28 set. 2024.

# APLICAÇÃO DE MÉTODOS NÚMERICOS E ÁLGEBRA LINEAR NA ANÁLISE DE SISTEMAS HIDRÁULICOS EM ENGENHARIA CIVIL

Mônica Cristina Matik\*; Hellen Adriadne de Paula Batista\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Civil, e-mail: matikmonica@gmail.com; hellenariadne3@gmail.com.

\*\*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, enggabrielmatsuda@gmail.com.

## INFORMAÇÕES

### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

## RESUMO

Este trabalho explora a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos, fundamentais para a engenharia civil. O estudo aborda o uso de sistemas lineares para a modelagem de fenômenos hidráulicos, permitindo previsões precisas sobre o comportamento de redes de abastecimento de água, sistemas de drenagem e saneamento. A pesquisa se baseia em uma metodologia qualitativa e quantitativa, com revisão bibliográfica em bases como ScienceDirect e Google Acadêmico, utilizando palavras-chave relevantes. Dentre os métodos analisados, destaca-se o Gauss-Seidel, eficiente na resolução de sistemas lineares, acelerando o processo de cálculo. Além disso, foram discutidas leis fundamentais da hidráulica, como o princípio de Pascal e Bernoulli, e suas aplicações práticas em projetos de infraestrutura. A pesquisa conclui que a utilização de matrizes e sistemas lineares é essencial para garantir a eficiência no planejamento e operação de sistemas hidráulicos, proporcionando uma ferramenta robusta para a engenharia civil.

**Palavras-chave:** métodos numéricos; álgebra linear; engenharia hidráulica; sistemas lineares; infraestrutura.

## ABSTRACT

This study explores the application of numerical methods and linear algebra in the analysis of hydraulic systems, which are essential for civil engineering. The research examines the use of linear systems to model hydraulic phenomena, enabling accurate predictions about the behavior of water supply networks, drainage systems, and sanitation infrastructure. The methodology combines qualitative and quantitative approaches, including a literature review from databases such as ScienceDirect and Google Scholar, using relevant keywords. Among the analyzed methods, Gauss-Seidel stands out for efficiently solving linear systems, streamlining the calculation process. Additionally, fundamental hydraulic laws, such as Pascal's and Bernoulli's principles, were discussed, along with their practical applications in infrastructure projects. The research concludes that using matrices and linear systems is crucial to ensuring efficiency in the planning and operation of hydraulic systems, providing a robust tool for civil engineering.

**Keywords / Palabras clave:** numerical methods; linear algebra; hydraulic engineering; linear systems; infrastructure.

Copyright © 2024, Mônica Cristina Matik; Hellen Adriadne de Paula; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** MATIK, Mônica Cristina; DE PAULA, Hellen Adriadne; MATSUDA, Gabriel. Aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos em Engenharia Civil. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 24-27, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

A engenharia civil é uma área fundamental para o desenvolvimento da sociedade, abrangendo a construção de infraestruturas como estradas, pontes, edifícios e sistemas hidráulicos (Oliveira, 2024). A engenharia civil desempenha um papel crucial na

concepção e manutenção de estruturas que atendem às necessidades da população e proporcionam conforto e segurança. Já os sistemas hidráulicos são essenciais para o transporte, tratamento e distribuição de água, bem como para o controle de inundações (Pinheiro, 2012; Silva, 2012). A compreensão desses sistemas é de extrema

importância para garantir o funcionamento adequado das cidades e a qualidade de vida das pessoas.

A análise de sistemas hidráulicos desempenha um papel crucial na engenharia civil, sendo essencial para o planejamento, projeto e operação de infraestruturas hidráulicas, como redes de abastecimento de água, sistemas de drenagem e saneamento. Para realizar uma avaliação precisa e eficaz desses sistemas, é indispensável o uso de ferramentas matemáticas robustas, como os métodos numéricos e a álgebra linear. Esses métodos permitem a resolução de equações complexas e a modelagem de fenômenos hidráulicos que são essenciais para prever o comportamento dos sistemas em diferentes condições operacionais (Bonfim, 2023).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo explorar a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear na análise de sistemas hidráulicos, demonstrando como essas técnicas podem ser utilizadas para solucionar problemas práticos na engenharia civil.

## METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada para este trabalho consiste em uma abordagem qualitativa e quantitativa, com ênfase na pesquisa aplicada. Serão utilizadas técnicas de coleta de dados para análise de sistemas hidráulicos em engenharia civil, a fim de garantir a relevância e precisão dos resultados.

O trabalho constituiu em realizar uma revisão aprofundada da literatura científica para fundamentar teoricamente a aplicação de métodos numéricos e álgebra linear em sistemas hidráulicos. Palavras-chave como "métodos numéricos", "álgebra linear", "engenharia hidráulica" e "análise de sistemas" serão usadas para pesquisar em bases de dados como ScienceDirect, Google Acadêmico, e ResearchGate. A revisão abordará conceitos fundamentais, técnicas existentes e estudos de caso relevantes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Normalmente, sistemas lineares são definidos na matemática onde se há uma ou mais equações lineares com duas ou mais incógnitas. Mas é possível também definir sistemas lineares na hidráulica como algo que recebe informações ou entrada do meio ambiente, reagindo sobre ele mesmo obtendo uma saída ou resposta, onde o sistema respeitou o princípio de superposição que define "o efeito da soma das ações é a soma de cada efeito de cada ação".

A mesma coisa acontece em sistemas hidráulicos, onde há uma força é aplicada sobre um ponto do sistema, que é transmitida através da água para o resto do sistema. Alguns sistemas podem não ser lineares, sendo não estáveis onde então é preciso ter a

linearização desse sistema, sendo executada por uma aproximação linear do sistema em torno de um ponto de operação ou ponto de equilíbrio. Onde é desenvolvido cálculos que acabam utilizando métodos como as matrizes (DILDA, 2013).

O nome Gauss-seidel dá-se em homenagem a dois matemáticos alemães Carl Friedrich Gauss e Philipp Ludwig von Seidel, sendo esse método uma adaptação do método de Jacobi (MONTEIRO, 2012). O método de seidel é utilizado para uma solução de sistemas lineares mais fácil, precisando de menos interações para se obter o valor resultado final.

Considere um sistema de equações dado por:

Figura 1. Sistema de equações

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n = b_3 \\ \vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n = b_n \end{cases}$$

Fonte: Autor (2024)

No método Gauss-Seidel o sistema linear  $Ax = b$ , onde  $A$  é a matriz dos coeficientes,  $x$  é o vetor de incógnitas e  $b$  é o vetor de termos independentes, se transforma na forma equivalente  $x = Hx + g$ .

A separação de diagonal, então, a cada atualização, os valores são calculados dentro da iteração corrente, agilizando o processo iterativo. Assim, com uma estimativa inicial ( $x(0)$ ), é possível calcular uma sequência com soluções aproximadas para o Sistema de Equações.

Esse método de gauss pode ser utilizado nos cálculos da hidráulica, sendo mais proveitoso pois é mais rápido de obter resultado, polpando tempo (BARROS,2022).

### Análise de Sistemas Hidráulicos - Leis Fundamentais da Hidráulica

Sistemas hidráulicos podem ser entendidos como o sistema que realiza a locomoção dos fluidos em uma construção, tornando-os de extrema importância para um bom funcionamento de um projeto (DA SILVA, 2022). Além disso, também é necessária uma atenção extra no dimensionamento de suas peças e no sistema em geral, para evitar o acontecimento de erros que venham a causar prejuízos.

A hidráulica é baseada em princípios fundamentados e leis físicas (DA SILVA, 2022). Como por exemplo, os principais: a Lei de Pascal, formulada pelo físico e matemático Blaise Pascal, estabelece que a pressão aplicada em um sistema fechado a um fluido incompressível transmite-se de forma igualitária em todas as direções. Ou seja, caso uma força seja aplicada em determinado ponto de um sistema hidráulico, será

distribuída igualmente; O Princípio de Bernoulli diz que, no interior de um fluxo de fluido horizontal, o ponto de maior velocidade terá menor pressão que os de menor velocidade; A Lei da conservação de energia também é importante na hidráulica e afirma que a energia não se perde, mas sim se transforma em outro tipo (DA SILVA, 2015).

A junção dessas leis resulta em equações algébricas, que admitem soluções analíticas para esses tipos de caso (SODEK, 2021). É nesse momento que a Álgebra Linear se torna útil através de suas equações lineares e matrizes como métodos para resolver o sistema de equações lineares, à exemplo da conservação de energia que os fluidos apresentam na hidráulica, como citado anteriormente.

### Aplicações Práticas em Engenharia Civil - Estudos de Caso em Sistemas Hidráulicos

Foi-se analisado um caso onde, considerando um sistema de equações resultante em problemas de análise na distribuição de água pela expressão:

$$Ax = b$$

Onde A é a matriz dos coeficientes, x é o vetor incógnita e b é o vetor solução. A estrutura das matrizes dos coeficientes A (nxn) pode ser montada da seguinte forma:

$$A \text{ Ct DC}$$

onde C (mxn) é a matriz de incidência dos nós, t é o operador de transposição e D (mxm) é uma matriz diagonal das perdas de carga dos trechos expressa por:

Figura 2. Matriz

$$D = \begin{bmatrix} K_1|Q_1|^{\alpha-1} & & & & \\ & K_2|Q_2|^{\alpha-1} & & & \\ & & \dots & & \\ & & & \dots & \\ & & & & K_m|Q_m|^{\alpha-1} \end{bmatrix}$$

Fonte: Autor (2024)

Em que  $K_i$  é a resistência hidráulica no trecho i,  $Q_i$  é a vazão no trecho i e  $\alpha$  é o expoente da equação de perda de carga.

Este tipo de matriz pode ser resolvido por meio de diversas metodologias, para que a análise desses sistemas da análise de distribuição de água seja melhor compreendido em termos matemáticos.

## CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que sistemas hidráulicos são de extrema importância e relevância para a Engenharia Civil. Portanto, através do analisado e apresentado nesse resumo, mostrou-se o conceito de matrizes e

sistemas lineares e a utilidades desses elementos quando utilizados na área de hidráulica.

Especialmente a utilização de matrizes, que provou-se ser um método de resolução de sistemas no contexto de distribuição de água. Assim, pode ser considerado uma alternativa sólida e efetiva para realizar esses tipos de análises com a utilização da álgebra linear.

## REFERÊNCIAS

**BARROS, Iris Lobato.** Resolução de um sistema linear utilizando o método de Gauss-Seidel. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Baixo Tocantins, Abaetetuba, 2022.

**BONFIM, Michelle Tuane Gomes.** Estado da arte da drenagem urbana no município de Goiânia – GO. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2023.

**BRESSAN, Glaucia Maria.** Controle de sistemas não lineares utilizando inferência Fuzzy e controle interpolado. Revista Engenharia e Tecnologia, v. 14, n. 1, p. 12-23, mar. 2022.

**DA SILVA, Ana Carolina Bezerra.** Lei da conservação de energia. Infoescola, 2015. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/lei-da-conservacao-de-energia/>. Acesso em: 01 out. 2024.

**DA SILVA, Milton Cardoso; STELLE, Melany.** Sistema hidráulico: conceito e aplicações. 2022.

**DILDA, Vanessa.** Controle de sistemas lineares sujeitos a zona morta no atuador. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

**FORMIGA; FAZAL H. Chaudhry; Peter B. Cheung; Fernando G. Braga da Silva; Alexandre K. Soares.** Métodos para solução de equações lineares empregados na análise hidráulica de redes de distribuição de água. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2024.

**MONTEIRO, M. T. T.** Métodos numéricos: exercícios resolvidos aplicados à engenharia e outras ciências. 2012. Universidade do Minho.

**OLIVEIRA, Rebeca Marinho Ramos.** Revisão da literatura sobre diretrizes para construção de UTIs. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Ari de Sá, Fortaleza, 2024.

**PINHEIRO, Susana Manuela Teixeira.** Edifícios sustentáveis em construção metálica. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho, Portugal, 2012. Disponível em: ProQuest Dissertations & Theses. Número de Acesso: 30227216.

**SILVA, M. B. F. A.** Índice de remoção de barragens cearenses (IREB) sob um enfoque multicritério. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

**SODEK, Daniela Bonazzi et al.** Simulador hidráulico de sistemas a condutos forçados com módulo científico Python de alta performance. 2021.

## ESTUDO DA ARTE: INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Marlon Jacson Mondardo\*; Meire Barbosa\*\*

\*Discente do curso de Engenharia Civil - Uniguaçu, [marlonmondardo@gmail.com](mailto:marlonmondardo@gmail.com).

\*\*Docente do curso de Engenharia Civil - Uniguaçu, [meireclaudiab@gmail.com](mailto:meireclaudiab@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

Este trabalho aborda a influência das condições climáticas na degradação de materiais de construção, com ênfase no concreto armado, cuja principal preocupação é a carbonatação e corrosão das armaduras. O estudo busca entender como fatores como temperatura, umidade e poluentes atmosféricos aceleram processos como a lixiviação, eflorescência e degradação de estruturas de concreto, madeira e materiais cerâmicos. O objetivo é relacionar variações climáticas com os processos de degradação para desenvolver estratégias que minimizem os danos e aumentem a vida útil das construções. Conclui-se que o aquecimento global e o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera são fatores críticos que afetam diretamente a durabilidade das estruturas, especialmente em países tropicais e subtropicais, onde há carência de estudos locais.

**Palavras-chave:** mudanças climáticas; carbonatação; concreto armado; eflorescência; umidade.

### ABSTRACT

This work addresses the influence of climatic conditions on the degradation of construction materials, with an emphasis on reinforced concrete, which main concern is carbonation and corrosion of reinforcement bars. The study seeks to understand how factors such as temperature, humidity, and atmospheric pollutants accelerate processes like leaching, efflorescence, and the degradation of concrete, wood, and ceramic materials. The objective is to relate climate variations to degradation processes in order to develop strategies that minimize damage and extend the lifespan of constructions. It concluded that global warming and increased atmospheric CO<sub>2</sub> are critical factors that directly affect the durability of structures, especially in tropical and subtropical countries, where there is a lack of local studies.

**Keywords:** climate change; carbonation; reinforced concrete; efflorescence; moisture wicking.

Copyright © 2024, Marlon Jacson Mondardo; Meire Barbosa. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: MONDARDO, Marlon Jacson; BARBOSA, Meire. Estudo da arte: Influência das condições climáticas na degradação dos materiais de construção. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 28-31, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

Estudos, sobre a influência/impactos que as condições climáticas possuem na degradação de estruturas de concreto armado, vem sendo cada vez mais implementados, inclusive como forma de conhecer, para prevenir ou minimizar os impactos que estas podem gerar nos elementos, visando maior vida

útil do sistema, principalmente o estrutural. Os tipos de degradação, podem decorrer de fatores biológicos, físicos, químicos ou uma soma deles. No contexto geral, a carbonatação é o principal objeto de estudo na Construção Civil, devido ao risco associado com uma possível incapacidade da função estrutural dos elementos inicialmente projetados para suportar ações internas e externas. A carbonatação é uma reação de natureza físico-química que consiste no

consumo de hidróxidos da massa cimentícia (concreto, argamassa ou pasta), esse consumo altera o pH da mistura, tornando a armadura suscetível à corrosão. Resultando em perda de seção, aderência e consequentemente vida útil do elemento. A velocidade da reação carbonatação assim como a maioria das manifestações patológicas é afetada diretamente pela umidade, e agentes agressivos presentes no ambiente.

## METODOLOGIA

Para se obter a relação da influência das condições climáticas com a degradação dos materiais de construção, realizou-se uma pesquisa em bases de dados científicos como Google Acadêmico e ScienceDirect, que possuem artigos e trabalhos acadêmicos. Realizou-se o filtro por palavras-chave, tanto em português quanto em inglês, a fim de encontrar trabalhos relacionados ao tema de interesse. Pesquisou-se palavras-chave como: “Mudança climática” ou “Climate Change”, “Carbonatação” ou “Carbonation”, “Umidade” ou “Moisture wicking”, “Aquecimento Global” ou “Global Warming”, “Degradação do Concreto” ou “Degradation of Concrete”, “Concreto Armado” ou “Reinforced Concrete”, “Lixiviação” ou “Leaching”, “Eflorescência” ou “Efflorescence”. Resultando em um conjunto de estudos realizados nos últimos 24 anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 1. VARIÇÕES CLIMÁTICAS E A RELAÇÃO COM A DEGRADAÇÃO DE MATERIAIS

#### 1.1. PANORAMA GERAL DAS PESQUISAS

Fazendo uma análise geral do estado da arte da pesquisa no que diz respeito à degradação e vida útil de materiais de construção é possível observar que os estudos versam principalmente sobre a degradação de estruturas de concreto armado, em detrimento aos demais. Essa maior ênfase pode ser explicada devido ao seu elevado consumo como material de construção, já que a alvenaria convencional é o sistema mais empregado no Brasil (Mehta; Monteiro, 2014). Outro material fortemente empregado é a madeira, utilizada como forma para os elementos de concreto, já que atualmente caiu em desuso como forma de sistema estrutural devido sua baixa durabilidade. Ainda assim, é possível encontrar trabalhos que relacionam a variação de temperatura, umidade e insolação, com a decomposição precoce do material (Choids et al., 2020).

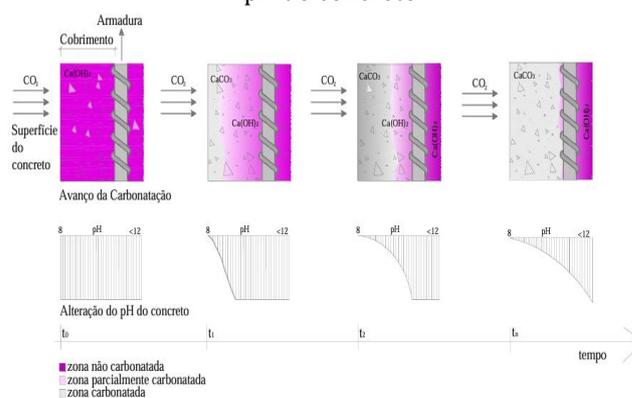
Os materiais de construção de maneira geral podem ser degradados por meio de processos físico-químicos que atingem as estruturas, no caso do concreto armado pode-se citar como principais manifestações patológicas: as fissuras, que podem ter

diversas origens, reações álcalis-agregados, carbonatação, corrosão das armaduras, lixiviação, entre tantas outras. A lixiviação, por exemplo, é uma das manifestações mais comuns existentes, e é consequência do contato da estrutura com a umidade, que dissolve o produto de hidratação do cimento, o carrega e deposita na forma de sais cristalizados na superfície da peça, se tornando a eflorescência. Para Lapa (2008) a lixiviação pode indicar problemas mais severos na estrutura do que meramente estético. Outro exemplo de manifestação comum em concreto armado é a corrosão das armaduras. Para Lodi (2018), a corrosão está entre as mais significativas causas de degradação das estruturas, e tem como principais mecanismos de corrosão o ataque ácido, de águas sulfatadas e carbonatação.

### 1.2. CARBONATAÇÃO E CORROSÃO NO CONCRETO ARMADO

É sabido que o aquecimento global tem como causa principal a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), dentre os quais o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) figura como um dos mais nocivos (Vital, 2018). Nos últimos anos houve um aumento nos estudos da carbonatação do concreto armado devido a grande quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, que pode acarretar danos significativos tanto para o aço presente no elemento quanto para a própria massa cimentícia (Barbosa, 2009), e pelo fato de a carbonatação em seu processo físico-químico “recuperar” uma porcentagem do CO<sub>2</sub> emitido pela produção do material cimentício. De acordo com Croitoru (2021), o CO<sub>2</sub> da atmosfera reage com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>) presente na pasta de cimento precipitando o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) reduzindo o pH do concreto culminando na destruição da camada passivadora que protegia as armaduras, tornando-as suscetível a corrosão, como exemplifica a Figura 1.

Figura 1. Avanço da frente de carbonatação vs. Redução do pH do concreto.



Fonte: Possan (2010)

Croitoru (2021), em seu trabalho intitulado “A case study about degradation of the buildings and their building elements as a result of climate change” avalia

como a variação da temperatura e conseqüentemente a taxa de umidade relativa do ar (60 a 87 %) afetam a velocidade da carbonatação. O autor analisa o que chama de coeficiente "D", que relaciona a umidade e a temperatura, concluindo que este varia de acordo com os meses do ano.

Rozière et al. (2008), em seu estudo com carbonatação acelerada verificaram que o aumento da quantidade de CO<sub>2</sub> e da temperatura contribuem para um aumento na profundidade de carbonatação e conseqüentemente no início da ocorrência de corrosão das armaduras. A corrosão das armaduras pode se dar por dois tipos, a química e a eletroquímica, sendo a eletroquímica a que ocorre dentro dos elementos de concreto armado. A corrosão química ocorre pela reação entre o Ferro e o Oxigênio (presente no CO<sub>2</sub>), formando óxidos, como o Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, popularmente conhecida como ferrugem. O ataque por esse tipo de corrosão se dá de forma mais uniforme na superfície do aço e velocidade de propagação lenta (Luz, 2018). Já a corrosão eletroquímica acontece pela formação de uma pilha eletroquímica na superfície do metal. Essa pilha é composta por um ânodo (onde ocorre a oxidação) e um cátodo (onde ocorre a redução), separados por um eletrólito (um meio condutor iônico, como a água salgada, por exemplo). É considerável imaginar que as estruturas que ainda não estão em contato direto com a água salgada possam sofrer uma corrosão eletroquímica devido ao aumento do nível da água do mar, pelo aumento da temperatura global e o derretimento das calotas polares.

### 1.3 DEGRADAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS

Os materiais cerâmicos estão presentes em praticamente todas as obras de engenharia, principalmente em sistemas de vedação e coberturas. De acordo com Croitoru (2021), a umidade influencia no processo de degradação da alvenaria, intensificando através de sais e substâncias solúveis no ar poluído a solubilidade desses compostos. O fenômeno de capilaridade (que consiste na percolação da água pelos poros do concreto) também contribui para o processo de degradação pela possível presença de sais em solução que são transportados para a alvenaria. Que, por sua vez são levados pela água dos poros dos elementos para a superfície do material, em um processo chamado de lixiviação, e se manifesta na forma de manchas brancas ou amareladas no exterior da alvenaria devido a presença dos sais que se cristalizam depois que a água evapora (Verduh et al., 2000).

Deste modo, cabe salientar que a eflorescência pode trazer riscos quanto a degradação do material cerâmico, mas com foco na superfície do material, e podendo interferir em camadas intermediárias entre alvenaria e revestimento, como a falta de aderência de

pinturas ou argamassas, podendo acarretar em falta de proteção para a estrutura.

### 1.4 DEGRADAÇÃO OU DECOMPOSIÇÃO DA MADEIRA

De acordo com Brito (2014) a biodegradação da madeira é mais intensa em regiões de temperaturas mais elevadas, pois favorece a taxa de atividade biológica. Choids et al., (2020) analisaram uma construção na Noruega e verificaram um aumento anual de 1,2°C na temperatura média global, prevendo a intensificação da depreciação da madeira no decorrer dos anos, em função da degradação biológica. O aumento da umidade, em função do aumento da precipitação anual, pode acarretar no crescimento de fungos e bactérias, que se alimentam da lignina e celulose, favorecendo a decomposição da madeira.

O aumento da temperatura favorece também a reação de oxidação da madeira, que por sua vez contribui para a degradação do material. Temperaturas mais elevadas podem trazer insetos que se alimentam de madeira, como cupins e xilófagos, acelerando também o processo de deterioração (Paes, 2007).

## CONCLUSÕES

Com base nos trabalhos utilizados nota-se que o aumento da temperatura traz certa preocupação em como os atuais materiais usados na construção podem reagir a essas variações, principalmente o concreto armado. Esta preocupação reside no fato de o concreto armado ser um material largamente consumido nas construções, por fatores econômicos e culturais, e o fato de a degradação não prevista neste material potencialmente ocasionar um problema gigantesco.

Isto posto, tem-se a necessidade de desenvolver mais pesquisas sobre outros métodos construtivos, pois os estudos voltam-se praticamente para os fenômenos de carbonatação e corrosão. Houve dificuldade em analisar trabalhos realizados em países com clima tropical e subtropical, pois existe uma carência de trabalhos, que acabam sendo feitos quase que exclusivamente em territórios do hemisfério norte do globo. Além disso, observar e analisar a influência das condições climáticas em nossas estruturas agrega valor científico global, visto que as mudanças já estão acontecendo e não são cenários tão distantes.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. **Estimativa da Vida Útil de Estrutura de Concreto Armado Imediatamente após sua execução**. Dissertação de mestrado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, p. 170, 2009.

- BENÍTEZ, P. *et al.* **Degradation of Concrete Structures from the Climate Change Perspective.** In: XV International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020). <https://doi.org/10.23967/dbmc.2020>.
- BRITO, L. **Patologia em Estruturas de Madeira: Metodologia e Inspeção e Técnicas de Reabilitação.** Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, p. 502, 2014.
- CHOIDS, P. *et al.* **Hygrothermal performance of log walls in a building of 18th century and prediction of climate change impact on biological Deterioration.** E3S Web of Conferences, v. 172. 2020.,
- CROITORU, G. **A case study about degradation of the buildings and their building elements as a result of climate change.** Journal of Engineering Sciences, n. 4, p. 144-155, 2021.
- CRUZ, H.; NUNES, L. **A madeira como material de construção.** Núcleo de Estruturas de Madeira, p. 27, 2005.
- HANSSEN-BAUER, I. *et al.* **Climate in Norway 2100 – a knowledge base for climate adaptation,** p. 48, NCCS report (2017).
- LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação E Reparo Das Estruturas De Concreto,** Monografia, p. 56, 2008.
- LODI, V. **A Corrosão das Armaduras de Concreto,** p. 9-13 2018?.
- LOPES, M *et al.* **Mudanças climáticas e durabilidade das construções: uma revisão crítica do estado da arte.** Encontro Latino Americano E Europeu Sobre Edificações E Comunidades Sustentáveis, p. 630-643, 2021.
- LUZ, E. **Monitoramento Da Corrosão no Aço Carbono Sae 1020, Aço Galvanizado, Alumínio E Cobre, Considerando As Condições Climáticas Serranas E Litorâneas De Santa Catarina,** p. 65, 2018.
- MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais,** 2ª Edição, p. 782, 2014.
- NEVES, A. **Eflorescência: Saiba Tudo Sobre Essa Manifestação Patológica.** 2019. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em: 21 set. 2024.
- PAES, J. *et al.* **Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório.** Cerne, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.
- POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em meio urbano.** Tese de Doutorado em Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- VALDEZ, B. *et al.* **Effect of climate change on durability of engineering materials in hydraulic infrastructure: an overview.** Corrosion engineering, science and technology, v. 45, n. 1, p. 34-41, 2010.
- VERDUCH, A. *et al.* **Formação de Eflorescências na Superfície dos Tijolos,** Universidade Jaume I, Castellón, Espanha, p. 9, 2000.
- VITAL, M. **Aquecimento Global: Acordos Internacionais, Emissões de CO2 e o Surgimento dos Mercados de Carbono no Mundo,** BNDES Set., Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 167-244, set. 2018.

## AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

Vinicius Pereira Groth\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Civil, [viniciuspgroth@gmail.com](mailto:viniciuspgroth@gmail.com).

\*\*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

Diante dos desafios ambientais atuais, práticas sustentáveis na construção civil são fundamentais para cidades mais eficientes e saudáveis. Edificações sustentáveis buscam equilibrar eficiência energética, gestão de recursos e qualidade ambiental, alinhando-se aos princípios do Relatório Brundtland e ao desenvolvimento sustentável. Este estudo revisa certificações ambientais e critérios de sustentabilidade aplicáveis, destacando o papel de normas como LEED, BREEAM, WELL, e Selo Casa Azul. A metodologia envolve a análise dos critérios de certificação e a viabilidade financeira de soluções sustentáveis, considerando custos iniciais e benefícios a longo prazo. Edifícios sustentáveis trazem vantagens como redução de custos operacionais, valorização do imóvel e melhoria do conforto e da saúde dos ocupantes, além de fortalecer a reputação das empresas que investem em tais práticas. Certificações ambientais padronizam e reconhecem práticas sustentáveis. LEED avalia eficiência energética e inovação; BREEAM promove melhores práticas na gestão de resíduos e transporte; WELL foca no bem-estar dos ocupantes; Active House destaca conforto térmico e acústico; e o Selo Casa Azul é voltado para o mercado brasileiro. Exemplos práticos incluem o One World Trade Center (certificado LEED Gold), o Edge, em Amsterdã (BREEAM Outstanding), e o Bullitt Center (Living Building Challenge). Esses edifícios mostram como inovações ecológicas podem melhorar o desempenho ambiental e econômico. Apesar dos benefícios, desafios como custos iniciais elevados e a complexidade na implementação de certificações ainda limitam a adoção em larga escala. Manter conformidade com padrões e atualizar práticas sustentáveis é essencial para o sucesso contínuo. Políticas públicas e incentivos governamentais são vitais para superar essas barreiras e impulsionar projetos sustentáveis. Conclui-se que a certificação ambiental é uma ferramenta poderosa para promover construções responsáveis e alinhadas aos objetivos globais de preservação ambiental. Além de contribuir para cidades mais resilientes, as edificações sustentáveis ajudam a construir um legado de responsabilidade para as futuras gerações.

**Palavras-chave:** edificações sustentáveis, certificações ambientais, eficiência energética, construção sustentável, sustentabilidade, gestão da água.

### ABSTRACT

Facing today's environmental challenges, sustainable practices in construction are essential for healthier and more efficient cities. Sustainable buildings aim to balance energy efficiency, resource management, and environmental quality, aligning with the principles of the Brundtland Report and sustainable development. This study reviews environmental certifications and applicable sustainability criteria, highlighting standards such as LEED, BREEAM, WELL, Active House, and Selo Casa Azul. The methodology involves analyzing certification criteria and the financial feasibility of sustainable solutions, considering initial costs and long-term benefits. Sustainable buildings offer advantages like reduced operational costs, increased property value, and enhanced comfort and health for occupants, while strengthening the reputation of companies investing in these practices. Environmental certifications help standardize and recognize sustainable practices. LEED evaluates energy efficiency and innovation; BREEAM promotes best practices in waste management and transportation; WELL focuses on occupant well-being; Active House emphasizes thermal and acoustic comfort; and Selo Casa Azul targets the Brazilian market. Practical examples include the One World Trade Center (LEED Gold certification), The Edge in Amsterdam (BREEAM Outstanding), and the Bullitt Center (Living Building Challenge). These buildings demonstrate how ecological innovations can enhance environmental and economic performance.

Despite the benefits, challenges such as high initial costs and the complexity of implementing certifications still limit large-scale adoption. Maintaining compliance with standards and updating sustainable practices is essential for ongoing success. Public policies and government incentives play a critical role in overcoming these barriers and driving sustainable projects forward. In conclusion, environmental certification is a powerful tool for promoting responsible construction aligned with global environmental preservation goals. In addition to contributing to more resilient cities, sustainable buildings help build a legacy of responsibility for future generations.

**Keywords:** sustainable buildings, environmental certifications, energy efficiency, sustainable construction, sustainability, water management.

**Copyright** © 2024, Vinicius Pereira Groth; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** GROTH, Vinicius Pereira; MATSUDA, Gabriel. Avaliação de edificações sustentáveis e certificações ambientais. **Iguazu Science**, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 32-35, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

No cenário atual, enfrentamos crescentes desafios ambientais e uma necessidade urgente de adotar práticas de desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, as edificações sustentáveis aparecem como um elemento crucial para o futuro das cidades e do nosso planeta. Essas construções vão além da simples eficiência energética e uso racional dos recursos; elas refletem um compromisso com a saúde ambiental, econômica e social, oferecendo uma abordagem coerente e completa para a construção e operação de edifícios (Nações Unidas, 2015).

## METODOLOGIA

Este estudo visa identificar os principais objetivos de sustentabilidade para o projeto, como eficiência energética, uso responsável da água e minimização dos impactos ambientais. Além disso, busca determinar quais aspectos do edifício serão avaliados e quais certificações ambientais serão procuradas (como LEED, BREEAM, WELL, entre outras). O processo envolve o estudo dos requisitos para as certificações relevantes e dos critérios de sustentabilidade aplicáveis ao projeto, avaliando a viabilidade financeira e técnica das soluções sustentáveis propostas, levando em consideração os custos iniciais e os benefícios a longo prazo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Relatório Brundtland de 1987, intitulado “Nosso Futuro Comum”, introduziu a ideia de que o uso sustentável dos recursos naturais deve atender às necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades. Na construção civil, o desafio é encontrar maneiras de minimizar os impactos negativos associados à construção, ao longo da vida útil e na demolição dos edifícios (Sassi, P, 2006). Um

edifício sustentável deve reduzir ou eliminar impactos negativos e, quando possível, gerar impactos positivos no clima e no meio ambiente, preservando recursos e melhorando a qualidade de vida dos ocupantes (Kibert, CJ, 2016).

Segundo De Almeida et al. (2020), a avaliação de edificações sustentáveis deve considerar múltiplos critérios, como eficiência energética, gestão da água e qualidade do ambiente interno, para garantir um desenvolvimento equilibrado (p. 45).

- **Eficiência Energética:** Medir o consumo de energia e verificar se o edifício utiliza fontes renováveis ou tecnologias que reduzem o consumo energético.
- **Gestão da Água:** Avaliar o uso eficiente da água e a implementação de sistemas de captação e reuso de água.
- **Materiais e Recursos:** Analisar a origem, durabilidade e impacto ambiental dos materiais utilizados na construção.
- **Qualidade do Ambiente Interno:** Considerar ventilação, iluminação natural e controle da qualidade do ar para garantir um ambiente saudável para os ocupantes.
- **Impacto Ambiental:** Avaliar o impacto da construção e operação do edifício sobre o meio ambiente, incluindo a pegada de carbono.

Integrar práticas sustentáveis na construção e operação de edificações é essencial para promover um futuro mais verde e eficiente (Oliveira e Romero, 2020). A certificação ambiental é uma ferramenta importante para alcançar e reconhecer esses objetivos, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável e responsável.

As certificações ambientais fornecem uma forma padronizada de medir a sustentabilidade de um edifício. Algumas das principais certificações incluem:

- **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design):** Desenvolvido pelo U.S. Green Building Council, é um dos sistemas de certificação mais reconhecidos. Avalia o desempenho ambiental em áreas como eficiência energética, gestão da água, qualidade ambiental interna e inovação.

- **BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method):** Originado no Reino Unido, avalia o impacto ambiental de um edifício e promove melhores práticas em áreas como uso de energia, transporte, gestão de resíduos e materiais.

- **Selo Casa Azul (Programa Brasileiro):** Focado no mercado brasileiro, avalia a sustentabilidade de edificações residenciais e comerciais com base em critérios como eficiência energética, gestão da água e impacto ambiental.

- **WELL Building Standard:** Focado na saúde e bem-estar dos ocupantes, avalia aspectos como qualidade do ar, iluminação, conforto térmico e nutrição.

- **Active House:** É um selo de qualidade para edifícios confortáveis e sustentáveis, que se concentra na redução do uso de recursos durante a construção e vida útil da edificação, além de aspectos de conforto visual, térmico e acústico.

No cenário global atual, onde as questões ambientais são cada vez mais urgentes, a certificação ambiental é uma ferramenta essencial para promover práticas de construção sustentável e responsável. Certificar um edifício não só garante conformidade com rigorosos padrões ambientais, mas também oferece diversos benefícios tangíveis e intangíveis que vão além da simples adequação a regulamentações (Leite, VF, 2011).

Certificar um edifício pode trazer vários benefícios para proprietários e ocupantes, tais como:

- **Redução de Custos:** Edifícios sustentáveis podem reduzir custos operacionais por meio de economias em energia e água.

- **Valorização do Imóvel:** Certificações podem aumentar o valor de mercado do edifício.

- **Saúde e Conforto:** A melhoria na qualidade do ambiente interno contribui para a saúde e bem-estar dos ocupantes.

- **Compliance e Reputação:** Cumprir normas ambientais pode melhorar a reputação da empresa e ajudar a atender regulamentos e expectativas do mercado.

No entanto, a implementação e certificação de edificações sustentáveis também apresentam desafios:

- **Custos Iniciais:** O investimento inicial em tecnologias e materiais sustentáveis pode ser elevado, embora os benefícios a longo prazo geralmente compensem esse custo.

- **Complexidade:** Navegar pelos diferentes sistemas de certificação e integrar práticas sustentáveis pode ser complexo.

- **Manutenção e Atualização:** Manter a conformidade com as certificações e atualizar as práticas conforme as novas normas podem ser desafiadoras.

Exemplos de construções sustentáveis que receberam certificações ambientais demonstram

como a aplicação de práticas sustentáveis pode levar a resultados excepcionais:

FIGURA 1. Onde World Trade Center



Fonte da Figura: Arch Daily (2024)

- **Certificação:** LEED Gold
- **Descrição:** Conhecido como Freedom Tower, o One World Trade Center é um dos edifícios mais icônicos de Nova York. Ele inclui características sustentáveis como um sistema avançado de gerenciamento de energia, vidro de alto desempenho e sistemas de coleta de água da chuva. A certificação LEED Gold reflete seu compromisso com a sustentabilidade e a eficiência energética.

FIGURA 2. Edge (Amsterdã, Países Baixos)



Fonte da Figura: Arch Daily (2024)

- **Certificação:** BREEAM Outstanding
- **Descrição:** O Edge é um edifício de escritórios moderno e sustentável em Amsterdã, conhecido por seu design inovador, que otimiza a luz natural e reduz a necessidade de iluminação artificial. Utiliza energia solar e um sistema de ventilação inteligente, recebendo a certificação BREEAM Outstanding pela excelência em desempenho ambiental.

FIGURA 3. Bullitt Center (Seattle, EUA).



Fonte da Figura: Arch Daily (2024)

- **Certificação:** Living Building Challenge

- **Descrição:** Considerado um dos edifícios mais verdes do mundo, o Bullitt Center é um exemplo proeminente do Living Building Challenge. Utiliza energia solar para todas as necessidades energéticas, coleta e reutiliza água da chuva e utiliza materiais que atendem a altos padrões de sustentabilidade. É um modelo de construção sustentável e inovação.

Esses exemplos mostram como soluções ecológicas não só melhoram o desempenho ambiental, mas também oferecem benefícios econômicos e sociais significativos, estabelecendo padrões para a construção sustentável no século XXI.

## CONCLUSÕES

Segundo Wangari Maathai em seu livro *Unbowed: A Memoir* (2006), entende-se que adotar práticas sustentáveis e obter certificações ambientais são investimentos que trazem retornos significativos. Eles promovem um futuro mais equilibrado e sustentável, além de oferecer benefícios econômicos e sociais imediatos. Ao apoiar e implementar edificações sustentáveis, contribuimos para a criação de ambientes mais eficientes e alinhados com os objetivos globais de preservação ambiental e desenvolvimento responsável. As certificações ambientais servem como um guia e um reconhecimento desse compromisso, ajudando a construir um legado de excelência e responsabilidade para as futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Manual de Certificação Ambiental – Sistema AQUA. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016.

ANDRADE, Marcos. Certificação Ambiental em Edificações: LEED, AQUA e BREEAM. São Paulo: Editora Pini, 2015.

DE ALMEIDA, FM, Lamas, MD, & Varela, J. Avaliação de Edificações Sustentáveis: Uma Abordagem Multicritério, 2020.

INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL (IAB). Certificações Ambientais em Edificações: Guia Prático. São Paulo: IAB, 2017.

KIBERT, CJ. SusConstrução Sustentável: Projeto e Entrega de Edifícios Verdes, 2016.

LEITE, Valter F. Certificação de Sustentabilidade em Edificações: Uma Revisão de Iniciativas e Normas, 2011.

MAATHAI, Wangari. *Unbowed: A Memoir*, 2006.

NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, 2015.

OLIVEIRA, MS, & Romero, J. Práticas sustentáveis na construção civil: uma análise de iniciativas no Brasil, 2020.

PEREIRA, João. Construção Sustentável: Princípios e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2019.

RODRIGUES, Patrícia; SOUZA, Carlos. "Eficiência Energética e Certificação Ambiental em Edificações Comerciais". Revista de Engenharia Civil, v. 15, n. 1, p. 33-50, 2018.

SASSI, P. Estratégias para Arquitetura Sustentável, 2006.

SILVA, Marta. "A Influência das Certificações Ambientais na Sustentabilidade dos Projetos Arquitetônicos". Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2020.

## GERENCIAMENTO DE RISCO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Helter W. Gaedicke\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Civil, [helter17@gmail.com](mailto:helter17@gmail.com)

\*\*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

O gerenciamento de risco na construção civil é um processo sistematizado que visa identificar, analisar e minimizar ameaças, contribuindo para a qualidade e segurança das obras. Em um setor estratégico da economia brasileira, que movimentou R\$ 273,8 bilhões em 2019, a eficácia no gerenciamento de riscos é de suma importância, especialmente devido à complexidade das técnicas construtivas e à pressão por prazos e custos. A metodologia utilizada para este estudo envolveu uma pesquisa exploratória em artigos acadêmicos e fontes especializadas, complementada por vídeos no YouTube. Os resultados indicam que, embora o gerenciamento de riscos seja crucial, menos de 5% das empresas do setor possuem um plano estruturado para isso, mesmo em países desenvolvidos. As fontes de risco são diversas, englobando fatores externos, como variações de preços e escassez de insumos, e internos, como acidentes durante a construção. O advento do Building Information Modeling (BIM) trouxe novas ferramentas que auxiliam na antecipação de problemas, enquanto softwares de gestão, como Sienge e MS Project, facilitam o controle de obras. Além disso, a utilização de seguros de risco de engenharia se tornou uma prática crescente, proporcionando cobertura para danos imprevistos. Destaca que a previsão de riscos deve ocorrer na fase de planejamento, uma vez que a maneira de lidar com esses riscos influencia todo o processo de construção. A mensuração do fator de risco, que varia de 1 a 5, considera tanto a probabilidade de ocorrência quanto as consequências. Em conclusão, o gerenciamento de riscos na construção civil é uma ferramenta vital, ainda subutilizada, que pode ser transformada por novas tecnologias e seguros. Sua implementação pode elevar os padrões de qualidade e segurança, beneficiando tanto construtores quanto clientes.

**Palavras-chave:** gerenciamento de riscos, construção civil, qualidade, segurança, Building Information Modeling (BIM), seguros de engenharia.

### ABSTRACT

Risk management in civil construction is a systematic process aimed at identifying, analyzing, and minimizing threats, contributing to the quality and safety of construction projects. In a strategic sector of the Brazilian economy that generated R\$ 273.8 billion in 2019, effective risk management is of utmost importance, especially due to the complexity of construction techniques and pressure regarding deadlines and costs. The methodology used for this study involved exploratory research in academic articles and specialized sources, supplemented by YouTube videos. The results indicate that although risk management is crucial, less than 5% of companies in the sector have a structured plan for it, even in developed countries. Risk sources are diverse, encompassing external factors such as price fluctuations and shortages of inputs, as well as internal factors like accidents during construction. The advent of Building Information Modeling (BIM) has brought new tools that assist in anticipating problems, while management software, such as Sienge and MS Project, facilitates construction control. Furthermore, the use of engineering risk insurance has become an increasing practice, providing coverage for unforeseen damages. It is emphasized that risk forecasting should occur during the planning phase, as the way to handle these risks influences the entire construction process. The measurement of the risk factor, which ranges from 1 to 5, considers both the probability of occurrence and the consequences. In conclusion, risk management in civil construction is a vital yet underutilized tool that can be transformed by new technologies and insurance. Its implementation can raise quality and safety standards, benefiting both builders and clients.

**Keywords:** risk management, civil construction, quality, safety, Building Information Modeling (BIM), engineering insurance.

**Copyright** © 2024, **Helter W. Gaedicke; Gabriel Matsuda**. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** GAEDICKE, Helter W.; MATSUDA, Gabriel. Gerenciamento de risco na construção civil. **Iguazu Science**, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 36-38, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

Vivemos em um mundo de constantes mudanças e avanços tecnológicos nos mais diferentes setores, incluindo principalmente processos industriais, aumentando a qualidade dos produtos entregues aos clientes. Logo, obter um domínio cada vez maior do processo de produção, evitando ao máximo a concretização de problemas que possam ser previstos, perdas e danos, tem ganhado cada vez mais prioridade dentro das indústrias (Smith, Merna E Jobling, 2006).

Essa realidade também está presente na Construção civil, técnicas construtivas cada vez mais complexas, em um segmento com grande pressão sob prazos e custos, em um segmento ainda muito artesanal, faz com que se torne um desafio trabalhar com processos mais estruturados para o tratamento de riscos na construção civil. Porém existe uma obrigação de entregar qualidade e segurança ao cliente, o que ainda deve ser somado aos desejos de geração de valor e retorno financeiro satisfatório dos investimentos feitos nos empreendimentos.

Em um setor estratégico para a economia brasileira que movimentou R\$ 273,8 bilhões em obras e/ou serviços da construção no ano de 2019 (IBGE, 2019), é de suma importância o gerenciamento de riscos.

O presente resumo tem por objetivo demonstrar de forma breve, como é o gerenciamento de riscos na construção civil, e algumas ferramentas que são utilizadas para este fim.

## METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa exploratória em artigos no Google Acadêmico, os quais serviram de referência para a instrução sobre o tema, bem como a busca através de sites especializadas sobre o tema, além de vídeos no youtube sobre o tema.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) o gerenciamento de riscos é um processo sistematizado que tem como objetivo identificar, analisar, minimizar ou neutralizar as ameaças ao negócio. Organizações de todos os tipos e tamanhos enfrentam fatores internos e externos que tornam incerto se e quando elas atingirão seus objetivos. O efeito que essa incerteza tem sobre os objetivos da organização é chamado de "risco" (NBR ISO 31000:2009).

Muitos defendem o gerenciamento de riscos como um processo não somente focado nos riscos de danos relacionados a um projeto, mas também no reconhecimento e aproveitamento de novas oportunidades (HOPKING, 2018).

As fontes de risco dentro da construção civil são inúmeras, podendo ser tanto externas, como o mercado com aumentode preços e falta de insumos por exemplo, ou internas, como acidentes que podem ocorrer ao longo da construção de um edifício.

Foi analisado que no mundo há um baixo numero de empresas no ramo que, tem um plano de gerenciamento de risco, sendo menos de cinco por cento das empresas, do setor, mesmo em países desenvolvidos é uma pratica muito pouco utilizada.

No contexto geral são utilizadas formas basicas para gerenciamento, como a sub divisão de tarefas dentro da empresa e do canteiro de obra, como divisão de area de compras, financeiro e projetos.

Com a chega do sistema BIM (Building Information Modeling), houve o surgimento de softwares, que auxiliam no controle de riscos e, ajudam a corrigir erros antes mesmo de acontecerem, como é o caso das incompatibilidades que ocorrem em projetos. Há também o surgimento nos ultimos anos de programas para auxiliar no controle empresarial, como o Sienge, Mega e o obrafit, que são formas que ajudam no controle e gerenciamento de obras, e o Msproject que serve para gerenciamento de cronograma de obra.

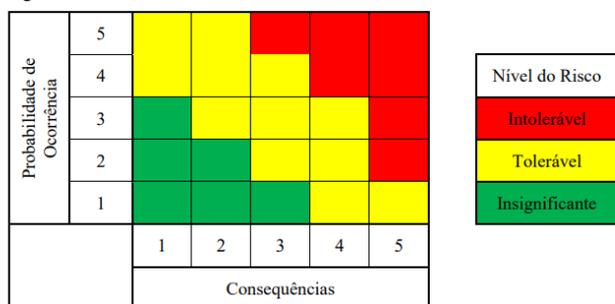
Houve também o nas ultimas decadas, o começo de uso de seguros para a construção civil, a Circular SUSEP nº 620 (BRASIL, 2020) dispõe que o seguro de risco de engenharia é aquele em que há a contratação das coberturas de obras civis em construção e/ou instalações e montagens para garantir a reposição dos danos materiais, causados por eventos imprevistos.

As apólices pertencentes a esse ramo de seguros são totalmente adaptáveis ao tamanho da obra. Obras pequenas e curtas, como reformas e ampliações, até obras de grande porte, como a construção de túneis, hidroelétricas ou aeroportos, podem contar com o seguro de riscos de engenharia. As principais áreas seguradas são: Danos pela natureza (chuvas, ventos, tempestades), incendios, roubos, acidentes de obra, danos por erro construtivos, danos eletricos. E as especiais são as relacionadas a funcionários (greves, lockdows), coberturas por erros de projeto, por erros de execução.

Szymanski (2017) defende que prever a forma de lidar com o risco é uma tarefa extremamente difícil, que precisa ser realizada ainda na fase de planejamento do empreendimento. O nível de envolvimento na fase inicial, na maioria dos casos,

indica como será o processo geral de enfrentamento do risco.

Figura 1. Fator de Risco



Fonte: Szymanski (2017)

O Fator de risco é mensurado em níveis de 1 a 5 em fatores entre a consequencia e a probabilidade de ocorrencia.

Szymanski (2017) conclui que o risco é uma entidade mensurável e, portanto, previsível. A ciência moderna tem evoluído nos últimos anos e é cada vez mais capaz de fornecer ferramentas e métodos para identificar e medir os riscos, como programas e sistemas mais novos e perfeitos para calcular a escala e magnitude de sua ocorrência.

## CONCLUSÕES

O gerenciamento de riscos é um processo muito util na construção civil, mas que ainda é muito pouco utilizada, num contexto mundial. As novas tecnologias como Softwares e seguros, podem e devem ser um marco de mudanças nos proximos anos, no que diz respeito as incertezas que rondam o segmento da construção.

É um processo que deve englobar empresas da

construção, dos mais diferentes tamanhos e areas. Principalmente por evitar problemas nos dois lados, para o construtor e para o cliente, ajudando a elevar o padrão de qualidade num serviço que ainda é muito manual.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.337: Gerenciamento de riscos em projetos – Princípios e diretrizes gerais. 2.ed. Rio de Janeiro, 2020, 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 31000: Gestão de riscos: Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro. 2018

HOPKING, P. Fundamentals of Risk Management: understanding, evaluating and implementing effective risk management. 5ª. ed. Londres: Kogan Page , 2018.

Ministério da Economia. Superintendência de Seguros Privados. Circular SUSEP nº 620, de 29 de dezembro de 2020. Dispõe sobre as regras e os critérios para operação de seguros do grupo patrimonial. Diário Oficial da União: Seção 1, ed. 250, p. 59, 31 dez. 2020.

SMITH, N. J.; MERNA, T.; JOBLING, P. Managing Risks in Construction Projects. 2ª. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

SZYMANSKY, Pawel. Risk management in constructions projects. Procedia Engineering 208, [S.l.], p. 174-182, 2017.

## MÉTODOS CONSTRUTIVOS: WOOD FRAME E STEEL FRAME

Helter Gaedicke \*; Jacir Von Dentz \*; Vinicius Groth \*; Melissa Pastorini Proença\*\*

\*Discente de Engenharia Civil - Faculdade Uniguaçu, [helter17@hotmail.com](mailto:helter17@hotmail.com); [portalmecjvd@gmail.com](mailto:portalmecjvd@gmail.com); [viniciusgroth@gmail.com](mailto:viniciusgroth@gmail.com).

\*\*Doutoranda Engenharia Civil-UFPR, [melissa.pproenca@gmail.com](mailto:melissa.pproenca@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

Os sistemas construtivos *steel frame* e *wood frame*, são alternativas à alvenaria convencional, ainda predominante no Brasil, esses sistemas construtivos aumentam a eficiência e aceleram o processo construtivo. Este trabalho objetivou caracterizar e comparar estes sistemas através de uma busca exploratória. Quanto ao *steel frame* esse sistema é composto por estruturas de aço galvanizado, amplamente utilizado em países como os EUA desde o final do século XIX. As peças são fabricadas e cortadas de acordo com as especificações do projeto, facilitando a montagem e garantindo um alto padrão de qualidade. As principais vantagens incluem baixa produção de resíduos, leveza estrutural, excelente isolamento térmico e acústico, e maior rapidez na construção. No entanto, há desafios como a falta de mão de obra qualificada e a necessidade de manutenção, especialmente em regiões úmidas. Já o *wood frame* utiliza madeira leve, principalmente de reflorestamento, para formar sua estrutura, é um sistema comum na América do Norte. A estrutura é pré-fabricada e montada no local da construção, com o uso de chapas de OSB para fechamento. Oferecendo como vantagens a baixa geração de resíduos e um bom isolamento térmico e acústico, além de ser uma solução renovável, contudo, enfrenta desafios semelhantes ao *steel frame*, como a falta de mão de obra especializada e a alta necessidade de manutenção, além de não substituir o concreto armado em pisos e fundações. Ambos os sistemas apresentam grande potencial para modernizar o setor de construção civil no Brasil, especialmente após a regulamentação recente pelas normas ABNT. Esses sistemas possibilitam construções mais rápidas, sustentáveis e eficientes, embora ainda enfrentem barreiras culturais e tecnológicas no país.

**Palavras-chave:** Sistema de vedação, madeira na construção, construção em aço.

### ABSTRACT

Steel Frame and Wood Frame construction systems are alternatives to conventional masonry, which is still predominant in Brazil. These construction systems increase efficiency and speed up the construction process. This study aimed to characterize and compare these systems through an exploratory search. As for Steel Frame, this system consists of galvanized steel structures, widely used in countries such as the United States since the end of the 19th century. The parts are manufactured and cut according to the project specifications, facilitating assembly and ensuring a high quality standard. The main advantages include low waste production, structural lightness, excellent thermal and acoustic insulation, and faster construction. However, there are challenges such as the lack of qualified labor and the need for maintenance, especially in humid regions. Wood Frame uses light wood, mainly from reforestation, to form its structure. It is a common system in North America. The structure is prefabricated and assembled at the construction site, using OSB sheets for closure. It offers the advantages of low waste generation and good thermal and acoustic insulation, in addition to being a renewable solution. However, it faces similar challenges to Steel Frame, such as the lack of skilled labor and the high need for maintenance, in addition to not replacing reinforced concrete in floors and foundations. Both systems have great potential to modernize the construction sector in Brazil, especially after the recent regulation by ABNT standards. These systems enable faster, more sustainable and efficient constructions, although they still face cultural and technological barriers in the country.

**Keywords:** Sealing system, wood in construction, steel construction.

Copyright © 2024, Helter Gaedicke; Jacir Von Dentz; Vinicius Groth; Melissa Pastorini Proença. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: GAEDICKE, Helter; DENTZ, Jacir Von; GROTH, Vinicius; PROENÇA, Melissa Pastorini. Métodos Construtivos: Wood Frame e Steel Frame. **Iguazu Science**, São Miguel do Iguacu, v. 2, n. 6, p. 39-42, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

No Brasil durante as últimas décadas e ainda hoje o principal sistema construtivo é a alvenaria de blocos, formado basicamente por blocos cerâmicos ou de concreto, argamassa e concreto armado, com um processo executivo manual. Segundo Nascimento (2004), culturalmente a grande aplicabilidade deste sistema construtivo se dá pela presunção de uma maior durabilidade.

Nos últimos anos houve a entrada de novos sistemas construtivos no Brasil, buscando principalmente novos insumos, processos de fabricação de alta velocidade de montagem, pela padronização dos processos (HALLON, 2008) e, ainda, devido à preocupação com o uso de sistemas construtivos mais eficientes e sustentáveis (MAHAPATRA; GUSTAVSSON; HEMSTRÖM, 2012).

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar com base na literatura as principais diferenças entre os sistemas construtivos *steel frame* e *wood frame*, comparando-se preço, qualidade, método de construção, tempo médio empregado, e o impacto ambiental.

## METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa exploratória de artigos científicos no Google Acadêmico, e também busca através de sites de empresas especializadas sobre o tema, além de vídeos no Youtube de profissionais da área.

A partir do material encontrado foram analisadas a definição e as características do sistema construtivo, quanto ao processo executivo, custo, produtividade, e o impacto ambiental associado aos sistemas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### STEEL FRAME

O *steel framing* ou *light steel framing*, é a denominação utilizada internacionalmente para estruturas de aço galvanizado, trata-se de um sistema internacionalmente conhecido, envolvendo insumos totalmente industrializados (que possibilitam controle de qualidade), facilidade na obtenção dos perfis de aço no mercado nacional e facilidade de montagem (FREITAS; CRASTO, 2006).

Formado por peças de aço galvanizado que juntas compõe o principal elemento estrutural (Figura 1). As chapas são moldadas a frio, tendo como principal característica o alto acabamento e o alto padrão de

industrialização. No Brasil o *steel frame* é normatizado pela NBR 16970 (ABNT, 2022).

Figura 1. Sistema construtivo *steel frame*



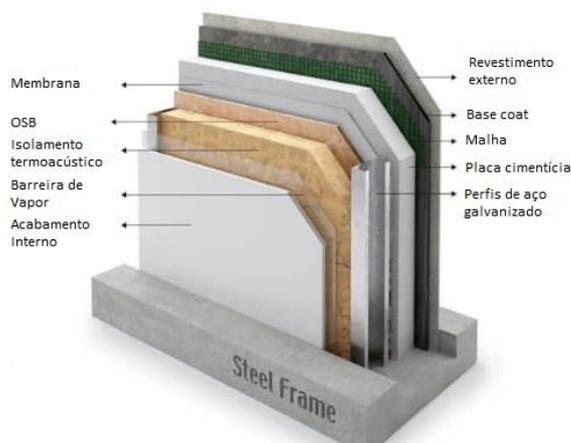
Fonte: Mais Controle Leerp (2024).

As primeiras menções a esse tipo de construção remontam aos Estados Unidos da América na segunda metade dos anos 1800, quando houve um grande aumento da população. Somente após aproximadamente cem anos com o término da segunda guerra mundial, com a grande quantidade de indústrias de aço formadas a partir da guerra, é que se difundiu efetivamente o uso do aço, sendo utilizado primeiramente nos grandes arranha céus, e posteriormente em todos os tipos de construção (HENRY PEDROSKI, 1992).

A estrutura em *steel frame* é dimensionada, e as peças já saem de fábrica cortadas no tamanho correto, sendo necessário somente a montagem em obra.

A vedação de toda a estrutura é feita por painéis, ou placas, que podem ser compostas por diversos tipos de materiais, como: madeira, placas cimentícias, ou até *drywall* (Figura 2).

Figura 2. Vedação de *steel frame*



Fonte: Construtora Servicon (2023).

Quando há mais de um pavimento na edificação, a separação entre um pavimento e outro é feita por lajes leves, que são perfis de aço galvanizado revestidos por madeira, placa cimentícia ou outro tipo de placa, e por

forros leves, que podem ser forros de *drywall*, PVC etc. Também podem ser utilizadas lajes pré-moldadas de concreto. A Figura 3 reúne as principais vantagens e desvantagens do sistema *steel frame*, que podem ser elencadas a partir desta revisão.

Figura 3. Vantagens e desvantagens do *steel frame*

DESvantagens	Vantagens
 FALTA DE MÃO DE OBRA QUALIFICADA	 BAIXA FORMAÇÃO DE RESÍDUOS
 ALTA MANUTENÇÃO	 BAIXO PESO ESTRUTURAL
 ALTO CUIDADO COM REGIÕES UMIDAS	 GRANDE ISOLAMENTO
 LIMITE DA ALTURA DA CONSTRUÇÃO	 MENOR TEMPO DE CONSTRUÇÃO

Fonte: Os autores (2024).

A questão de preço já é relativamente parecida com o valor da construção convencional, e pesquisas de mercado, também a Espaço Smart empresa referência no Brasil no comércio de insumos para construção, foi constatado que o sistema *steel frame*, tem um custo de aproximadamente de R\$ 3.500,00 a R\$4.000,00, o mesmo valor do metro quadrado de uma edificação de alto padrão (THOMAZ, 2022).

### WOOD FRAME

O sistema *wood frame* (Figura 4) é uma forma construtiva que utiliza madeira leve na sua confecção estrutural, originária de reflorestamento, principalmente as coníferas como pinus e pinheiros.

Para Wang, Toppinen e Juslin (2014), aumentar o uso da madeira na construção ajudaria a atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável de forma mundial. Segundo Mahapatra (2007) a utilização no lugar de concreto e aço pode ser uma forma de diminuir as emissões líquidas de CO<sub>2</sub> e o uso de energia primária.

O *wood frame* tem seus primeiros registros de utilização do formato parecido com que é hoje por volta de 1830 nos Estados Unidos da América, sendo conhecida localmente como estrutura balão.

Difundida principalmente na América do Norte e na Austrália, e em países escandinavos, tem como principal característica a confecção da estrutura em fábricas que posteriormente são enviadas para os locais de construção. Para a vedação utiliza-se chapas de OSB (*oriented stand board* em português painel de tiras de madeira orientada), um tipo de madeirite, para a união e fechamento da estrutura.

No Brasil houve a regulamentação através da NBR 16936 (ABNT, 2023) das construções em *wood frame*, sendo um grande avanço para as próximas edificações. O sistema de *wood* é muito semelhante ao de *steel frame*, na forma de construção, sendo possível a utilização de qualquer tipo de fundação, a vedação de

toda a estrutura é feita também por painéis, ou placas, que podem ser compostas por diversos tipos de materiais, como: madeira, placas cimentícias, ou até *drywall*.

Figura 4. Sistema *wood frame*



Fonte: Revista Casa e Mercado (2020).

O *wood frame* é composto basicamente por:

- Montante: pilares da edificação, (que tem consequentemente a altura do pé direito);
- Travessas: sistemas estruturais na horizontal (que tem a mesma função da verga e contraverga);
- Barrotes: sustentam o piso nos níveis inferior e superior;
- Mão francesa: servem de contraventamento.

A Figura 5 aborda as vantagens e desvantagens deste sistema construtivo.

Figura 5. Vantagens e desvantagens do *wood frame*

DESvantagens	Vantagens
 FALTA DE MÃO DE OBRA QUALIFICADA	 BAIXA FORMAÇÃO DE RESÍDUOS
 ALTA MANUTENÇÃO	 RENOVAVEL E SECA
 NÃO SUBSTITUI O CONCRETO ARMADO NAS FUNDAÇÕES	 GRANDE ISOLAMENTO
 GRANDE CUIDADO AO ABRIR FUROS NA PAREDE	 MENOR TEMPO DE CONSTRUÇÃO E MAIOR PRECISÃO

Fonte: Os autores (2024).

E assim como no caso do *steel frame*, o *wood frame* ainda tem pouca mão de obra qualificada no Brasil para seu desenvolvimento e manutenção tornando assim uma construção com um valor parecido com o da alvenaria convencional.

## CONCLUSÕES

Os dois sistemas construtivos *steel* e *wood frame* são muito parecidos, sendo já muito antigos na área da construção com quase duzentos anos, mundialmente difundidos, tendo como principal vantagem a industrialização da construção, permitindo vários tipos de acabamentos.

No Brasil, acaba não se tornando usual, principalmente pela falta de mão de obra qualificada, e pelo fato dos sistemas terem uma manutenção muito

recorrente, por serem materiais muito suscetíveis a intempéries.

Contudo observa-se um expoente crescimento e uma possível expansão do mercado nos próximos anos, a regulamentação dos seus métodos construtivos por meio da NBR 16936 (ABNT, 2023) para *wood frame* e NBR 16970 (ABNT, 2022) para *steel frame*, podendo ser um passo grande para esses dois mercados. E ainda segundo Molina e Calil, (2010) devido a grande áreas de reflorestamento no Brasil, o país pode se tornar uma referência mundial em *wood frame*.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16936: Edificações em light wood frame.** Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16970: Light Steel Framing - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas.** Rio de Janeiro, 2022.
- CONSTRUTORA SERVICON. **O processo de montagem do steel frame: como funciona.** Disponível em: <<https://construtoraservicon.com.br/o-processo-de-montagem-do-steel-frame-como-funciona/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.
- FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing: arquitetura.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- HALLON, R. **Graphic Guide to Frame Construction Newtown.** Taunton, 2008.
- MAHAPATRA, K. **Diffusion of Innovative Domestic Heating Systems and Multi-Storey Wood-Framed Buildings in Sweden.** PhD Thesis 33, Mid Sweden University, Ostersund, 2007.
- MAHAPATRA, K.; GUSTAVSSON, L.; HEMSTRÖM, K. **Multi-Storey Wood-Frame Buildings in Germany, Sweden and the UK. Constructon Innovation,** v. 12, n. 1, p. 62-85, 2012.
- MAIS CONTROLE LEERP. **O que é Steel Frame? Guia completo na construção civil.** Disponível em: <<https://maiscontroleerp.com.br/steel-frame-construcao-civil/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.
- MOLINA, J. C.; CALIL, C. J. **Sistema Construtivo em Wood Frame Para Casas De Madeira.** Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010.
- NASCIMENTO, O. L. **Alvenarias 2.** ed. Rio de Janeiro: IBS; CBCA, 2004. (Série Manual de Construção em Aço).
- REVISTA CASA E MERCADO. **Wood Frame.** Disponível em: <<https://www.casaemercado.com.br/wood-frame/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.
- THOMAS, Ana Cláudia. Espaço Smart. **Steel Frame.** Disponível em: <<https://conteudo.espacosmart.com.br/steel-framing/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.
- WANG, L., TOPPINEN, A., & JUSLIN, H. Use of Wood in Green Building: A Study of Expert Perspectives from the UK. **Journal of Cleaner Production,** 65, 350-361. 2014

## MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Thais Monielly Silva Oliveira\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Civil, [oliveirathais2002monielly@gmail.com](mailto:oliveirathais2002monielly@gmail.com)

\*\*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

A avaliação de edificações históricas é uma atividade fundamental para preservar o valor cultural, social e econômico desses bens. Este artigo aborda os principais métodos aplicáveis a patrimônios históricos, conforme a norma ABNT NBR 14653-7, e destaca as peculiaridades desses processos. A avaliação de bens singulares vai além das análises tradicionais de mercado, integrando variáveis como o valor cultural e a preservação da identidade histórica. Entre os métodos discutidos, destaca-se o método de preço hedônico, que atribui valor com base nos atributos específicos do imóvel, como localização, características estruturais e contexto socioeconômico da região. Outro método explorado é o custo de viagem, que mede o valor do patrimônio pela demanda turística, considerando os custos de transporte, frequência de visitas e fatores econômicos da localidade. Além disso, o método de valorização contingente busca estimar o valor hipotético de um bem com base na percepção dos indivíduos, por meio de inquéritos que avaliam o quanto um respondente estaria disposto a pagar pelo imóvel ou pelo seu uso. Já o método do custo de oportunidade considera tanto o valor econômico quanto a relevância cultural da preservação do bem. No estudo de caso apresentado, o artigo analisa a "Casa dos Contos", localizada em Ouro Preto (MG), que faz parte do Patrimônio da Humanidade reconhecido pela UNESCO. A avaliação utilizou uma combinação de metodologias, com destaque para o custo de reposição líquido e uma análise fatorial com o uso do software SPSS. O estudo mostrou que além de características econômicas, fatores históricos e culturais são determinantes na definição do valor desses patrimônios. A equação final, resultante da análise fatorial, apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 96,2%, indicando alta precisão na estimativa do valor da edificação, que foi calculado em cerca de 2.083.966,64 euros, ou aproximadamente 8 milhões de reais. A pesquisa demonstra que o valor de mercado de imóveis históricos frequentemente excede sua dimensão econômica, devido à sua relevância cultural e simbólica. O estudo conclui que uma avaliação eficaz de patrimônios históricos exige a combinação de diferentes métodos, garantindo que o valor econômico esteja alinhado com a preservação da identidade cultural e a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** ABNT NBR 14653-7, métodos de avaliação, custo de viagem, avaliação de patrimônios históricos

### ABSTRACT

The evaluation of historical buildings is essential for preserving the cultural, social, and economic value of these assets. This article discusses the main methods applicable to historical heritage according to the ABNT NBR 14653-7 standard, highlighting the specificities of these processes. The evaluation of unique assets goes beyond traditional market analyses, integrating variables such as cultural value and the preservation of historical identity. Among the methods discussed, the hedonic pricing method stands out, assigning value based on the specific attributes of the property, such as location, structural characteristics, and the socioeconomic context of the region. Another method explored is the travel cost method, which measures the value of the heritage through tourist demand, considering transportation costs, visit frequency, and local economic factors. Additionally, the contingent valuation method seeks to estimate the hypothetical value of an asset based on individuals' perceptions, using surveys to assess how much a respondent would be willing to pay for the property or its use. The opportunity cost method also evaluates both the economic value and the cultural relevance of preserving the asset. In the case study presented, the article analyzes the "Casa dos Contos," located in Ouro Preto (MG), part of the UNESCO World Heritage. The evaluation applied a combination of methodologies, emphasizing the net replacement cost and a factorial analysis using SPSS software. The study revealed that, besides economic characteristics, historical and cultural factors are decisive in defining the

value of these assets. The final equation, derived from the factorial analysis, showed an adjusted determination coefficient of 96.2%, indicating high precision in the value estimation of the building, which was calculated at approximately 2,083,966.64 euros or around 8 million Brazilian reais. The research demonstrates that the market value of historical properties often exceeds their economic dimension due to their cultural and symbolic relevance. The study concludes that an effective evaluation of historical heritage requires the combination of different methods, ensuring that economic value aligns with cultural identity preservation and sustainability.

**Keywords:** ABNT NBR 14653-7, evaluation methods, travel cost, historical heritage evaluation.

**Copyright** © 2024, **Thais Monielly Silva Oliveira; Gabriel Matsuda**. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** OLIVEIRA, Thais Monielly Silva; MATSUDA, Gabriel. Métodos para avaliação de edificações históricas. **Iguazu Science**, São Miguel do Iguaçu, v. 2, n. 6, p. 43-47, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

Os patrimônios, trazem a nossa sociedade um valor histórico palpável, pois conta nossa trajetória ao decorrer dos séculos. Nossa evolução biológica, econômica e social, vem deixando resquícios ao decorrer dos anos. E esses resquícios denominamos de monumentos ou artefatos históricos, que remetem uma herança social que contam uma trajetória de distintas épocas e culturas. No Brasil em especial, temos a etnia de culturas que potencializou artefatos/locais especialmente abonada em cultura (Miranda, 2023).

Esses patrimônios são o berço da nossa atual civilização, com isso denotamos que o conceito de patrimônio cultural, segundo a IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, é composto por monumentos, conjuntos de construções e sítios arqueológicos, de fundamental importância para a memória, a identidade e a criatividade dos povos e a riqueza das culturas. Já na visão da Constituição Federal no artigo 216, constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira (Silva, Lima e Silva, 2022)

A engenharia é responsável pela execução e gerenciamento de obras, focando em custos, eficiência e segurança. Na engenharia civil, a restauração e adequação de patrimônios históricos é uma tarefa importante, utilizando diversas metodologias que garantem acessibilidade e segurança sem comprometer seu valor atemporal. Os métodos de avaliação variam conforme o tipo de análise desejada e a construção em questão. O artigo apresentará métodos viáveis para essa avaliação e um estudo de caso que utilizou a metodologia econométrica de avaliação urbana, resultando em resultados impressionantes (Yamamoto, 2021).

## METODOLOGIA

Em geral os métodos tratam-se de um conjunto de etapas organizadas de forma lógica para alcançarmos um determinado resultado. Segundo a norma ABNT NBR 14653, para se realizar uma análise coerente, devemos levar em consideração fontes confiáveis de coletas de dados, como registros públicos dados de vendas anteriores, informações de instituições financeiras, localização, zoneamento, entre outros aspectos. Após a análise desses pontos, pode-se adequar o caso em um método específico, como o método comparativo direto de dados de mercado, método de capitalização da renda, método evolutivo ou método de custo por oportunidade já descritos nos tópicos anteriores da NBR 14653.

Para classificar e definir os métodos de avaliação de edificações históricas, utilizamos a norma ABNT NBR 14653-7, que, em sua sétima parte, oferece diretrizes essenciais para a análise de monumentos. É fundamental considerar essas diretrizes e o objetivo específico da análise, pois os métodos disponíveis têm particularidades e não são ilimitados. Um dos métodos citados na norma seria o método de preço hedônico o qual o preço de um bem é determinado por suas características e atributos individuais. Desta forma, o preço será disposto mediante as particularidades específicas do imóvel, será levado em consideração cada ponto que possa atribuir valor a edificação. No mercado imobiliário, usamos esse método para quantificar o imóvel da seguinte maneira:

P - Seria o preço do bem;

A<sub>i</sub> - Características associadas ao bem, proximidade, acessibilidade, vista e apoio logístico;

R<sub>i</sub> - Características estruturais do bem;

SE<sub>i</sub> - Características socioeconômicas da região.

$$P_i = P(R_i, A_i, SE_i)$$

$$P = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

No modelo linear, a fórmula pode ser expressa como:

Onde B<sub>0</sub> representa o preço base do bem sem

considerar os atributos.  $B_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  são os coeficientes que medem a contribuição de cada característica  $x_1, x_2, \dots, x_n$  para o preço  $\epsilon$  é o termo de erro, capturando outros fatores que podem influenciar o preço, mas não são explicitamente modelados. Mas como já decorrido anteriormente, esses métodos possuem limitações. Neste caso podemos atribuir o fator pressuposição de mercado em constância como fator limitante.

Outra técnica comum é o método do custo de viagem, que avalia o valor do patrimônio com base no seu apelo e na demanda que gera. Esse método justifica o valor do patrimônio pelos custos incorridos pelos visitantes, incluindo despesas de locomoção e tempo gasto para usufruir do local ou monumento. As variáveis consideradas incluem custo de transporte, frequência de visitas e demanda constante, além de fatores socioeconômicos, como a renda per capita da região.

Para a aplicação dessa análise, é necessário seguir um check-list contendo as variáveis ditas anteriormente. Assim temos:

- z- zonas de influência, distancias ao imóvel;
- Vzp - número de visitas no local;
- CVzp- custo de transporte;
- TEp - tarifa de entrada ao bem;
- SEz - variáveis socioeconômicas zonais.

$$V_{zp} = f(CV_{zp}, TE_p, SE_z)$$

Em resumo, a função  $f$  descrita acima visa demonstrar o impacto do custo de viagem na taxa de visitação. Esse método também apresenta suas limitações, podendo ser citado os fatores como simplificação de despesas e tempo de viagem e novas zonas de lazer posteriores.

Adicionalmente temos também o método da valorização contingente, um método hipotético, que pode ser definido como o valor de locação ou dano de um imóvel histórico e artístico. Essa análise em base, é realizada mediante ao um check-list. O primórdio dessa análise se dá a realização de um inquérito objetivo, onde serão analisadas o valor que o respondente atribui ao bem, posteriormente temos a análise dos dados e interpretação e aplicação dos mesmos. Esse método também possui particularidades limitantes, onde a compreensão, véis hipóteses e outros, podem interferir no resultado final.

Finalizando a análise da NBR 14653-7, temos também o método do custo de oportunidade, que por sua vez se da ao fator preservação. Esse método visa não apenas em valores econômicos, mas também no valor cultural e social.

Ao aplicar esse método, os gestores podem assegurar que suas decisões estão alinhadas com os objetivos de preservação e valorização do patrimônio. Esse método aponta grande relevância no quesito preservação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste presente artigo, será exposto um estudo de caso que foi realizado e posteriormente exposto no XXXI Pan-Americano de Avaliações na cidade do Rio de Janeiro-RJ. O patrimônio, casa dos contos, em análise está localizado na Rua São José, 12 – Centro, Ouro Preto- MG, 35400-000, e faz parte de um conjunto urbano classificado pela UNESCO como Patrimônio da Humanidade.

A metodologia recomendada para avaliação de edificações históricas é o custo de reposição líquido, que leva em conta o valor do terreno e o custo de construção, ajustados pela depreciação. No entanto, essa abordagem pode ser inadequada para bens únicos, já que o valor histórico e cultural desses imóveis é crucial para a coletividade e a identidade cultural. Por isso, a análise utiliza o método de valor econômico, adotando o critério de "valor de mercado" com base em seu "maior e melhor uso", reconhecendo a singularidade e a importância histórica dos bens.

Os pressupostos incluíram que o imóvel estava livre de ônus, que todas as variáveis relevantes foram analisadas durante a vistoria, e que não há negociações influenciadas por interesses subjetivos. A propriedade está classificada como Monumento Nacional e integra o Patrimônio da Humanidade da UNESCO, possuindo uma rica história ligada à Inconfidência Mineira e outras funções administrativas ao longo dos anos.

A localização é central e mista, cercada por edifícios antigos e comércio, embora enfrente desafios como a presença de construções modernas que desfiguram o contexto histórico. A propriedade é um edifício de três andares com características arquitetônicas do período colonial, bem conservado, mas que sofreu alterações ao longo do tempo. Segue dados da edificação e terreno retirados do artigo analisado:

FIGURA 1. Dados estimados do perímetro da edificação "Casa dos Contos".

Área total do terreno =	1.975,2762 m <sup>2</sup>
Área úteis de construção:	
Senzala e depósito	60,00 m <sup>2</sup> + 35,00 m <sup>2</sup> = 195,00 m <sup>2</sup>
Pátio interno	247,01 m <sup>2</sup>
Pátio externo	99,36 m <sup>2</sup>
1º pavimento	549,00 m <sup>2</sup>
2º pavimento	647,88 m <sup>2</sup>
3º pavimento	56,00 m <sup>2</sup>
4º pavimento – Mirante	58,00 m <sup>2</sup>
sótão	sem aproveitamento mas acessível
Área total do imóvel	1.852,25 m <sup>2</sup>
Área coberta	988,8044 m <sup>2</sup>
Área de jardim	605,303 m <sup>2</sup>

Fonte da Figura: Dados retirados do artigo "AVALIAÇÃO DE BENS SINGULARES (PATRIMÔNIO HISTÓRICO E CULTURAL) UM ESTUDO DE CASO".

Essa estrutura possui um valor que sobrepõe o mercado local, sendo reconhecido por seu significado histórico e cultural, comparando-o a outros imóveis de relevância mundial. Isso mostra que esse imóvel histórico possui um valor que vai além de sua idade, envolvendo fatores intrínsecos e extrínsecos. A relação entre oferta e demanda muitas vezes resulta em um monopólio bilateral, onde a negociação é altamente subjetiva. A avaliação desses imóveis é complexa, já que as transações são raras e geralmente forçadas por necessidades de liquidez.

O método analógico é sugerido como o mais apropriado para determinar o valor "Histórico-Cultural", levando em conta várias características de imóveis similares para chegar a uma estimativa precisa.

Utilizando uma amostra de mais de 100 referências e o programa SPSS, foi aplicada uma análise fatorial para evitar a que as variáveis fiquem altamente correlacionadas entre si. A amostra foi selecionada para refletir contextos culturais e legislativos similares ao Brasil, especialmente considerando que o imóvel está em um centro urbano classificado como Patrimônio da Humanidade.

A análise fatorial agrupou as variáveis em fatores, permitindo uma síntese da informação. O modelo estatístico resultante apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 96,2%, indicando uma forte capacidade explicativa. A equação gerada para calcular o valor foi:

$$V=1.373.179,00+754.799,90 * F_1+239.767,40 * F_2+25.6568,20 * F_3-100.600,00 * F_4+377.134,70 * F_5-90.323,10 * F_6+252.117,70 * F_7+130.552,00 * F_8$$

O provável valor de transação (PVT) foi estimado em aproximadamente 2.083.966,64 euros, ou R\$ 8.356.706,23. É importante destacar que este modelo deve ser considerado em conjunto e possui validade de até 6 meses. A análise revela que, apesar de alguns fatores contribuírem positivamente, há limitações significativas relacionadas às características do local e da infraestrutura que impactam negativamente o valor total do bem.

Portanto, a avaliação de propriedades com características singulares deve ser realizada com cuidado, respeitando não apenas os dados quantitativos, mas também as nuances qualitativas que conferem valor a esses patrimônios. É essencial que essa avaliação seja vista como uma ferramenta para preservar a cultura e a história, em vez de uma mera transação comercial.

## CONCLUSÕES

A análise da Casa dos Contos ilustra os desafios e a

importância da preservação do patrimônio histórico em áreas urbanas dinâmicas. A deterioração, vandalismo e mudanças no entorno evidenciam a necessidade de monitoramento contínuo, especialmente para bens considerados Patrimônio da Humanidade. A metodologia utilizada, que integra valores econômicos e histórico-culturais, revela a complexidade na avaliação de propriedades únicas, utilizando análise fatorial e modelos estatísticos para compreender os fatores que influenciam seu valor. Contudo, é essencial ver a preservação não apenas como uma questão financeira, mas como um compromisso coletivo de proteger a identidade cultural e histórica, garantindo que futuras gerações se conectem com sua herança cultural.

As avaliações de edificações históricas são processos complexos que requerem uma abordagem sistemática, conforme a norma ABNT NBR 14653. O uso de diversos métodos, como o comparativo, de capitalização da renda, hedônico e de custo de viagem, oferece ferramentas para uma análise abrangente. Cada método tem características e limitações específicas, tornando essencial considerar as particularidades de cada imóvel e seu contexto. A aplicação cuidadosa dos métodos e a coleta de dados confiáveis são fundamentais para refletir não apenas o valor econômico, mas também a relevância cultural e social dos patrimônios. Conceitos como valorização contingente e custo de oportunidade destacam a necessidade de reconhecer o patrimônio como um bem que vai além do aspecto financeiro, essencial para a identidade coletiva e a preservação da história.

Assim, uma abordagem integrada e respeitosa às diretrizes normativas ajuda gestores e profissionais a tomar decisões que promovam a valorização e conservação efetiva dos patrimônios históricos, garantindo sua importância para as futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-14653-7: Bens de Patrimônios históricos e artísticos - ABNT.

BRASIL. Constituição (1988). Art. 216. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10647933/artigo-216-da-constituicao-federal-de-1988>. Acesso em: 26 set. 2024.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. Patrimônio Cultural. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/29>. Acesso em: 25 set. 2024.

MIRANDA, Vanessa Sofia Fernandes. O Monte da Franqueira (Barcelos): o passado de um lugar em

celebração ao Patrimônio Cultural. 2023.  
Dissertação (Mestrado em Patrimônio Cultural) –  
Universidade Do Minho, 2023.

RAMOS, Maria dos Anjos; NASSER JUNIOR, Radegaz.  
Avaliação de bens singulares (patrimônio histórico  
e cultural): um estudo de caso. In: CONGRESSO  
PAN-AMERICANO DE AVALIAÇÕES, XXXI, 2016,  
Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: [s.n.], 2016.  
Disponível em:  
[http://www.mrcl.com.br/upav\\_rj/R0019\\_2.pdf](http://www.mrcl.com.br/upav_rj/R0019_2.pdf).  
Acesso em: 25 set. 2024.

SILVA, Germana Karla Martins Soares da; LIMA,  
Gustavo Ferreira da Costa; SILVA, Edevaldo da.

Sítio Arqueológico Itacoatiaras do Ingá: do turismo  
praticado ao ecoturismo como alternativa de  
conservação. *Tur., Visão e Ação*, Balneário  
Camboriú, v. 24, n. 1, p. 135-154, jan./abr. 2022.

YAMAMOTO, Thais. Patrimônio Histórico e  
Acessibilidade: um estudo de caso no entorno da  
Igreja de Nossa Senhora da Glória do Outeiro na  
cidade do Rio de Janeiro. 2021. Dissertação  
(Mestrado Profissional em Bens Culturais e  
Projetos Sociais) – Fundação Getúlio Vargas,  
Programa de Pós-Graduação em História, Política  
e Bens Culturais, Rio de Janeiro, 2021.

## O ESTADO DA ARTE DOS TELHADOS VERDES: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Thais Monielly Silva Oliveira\*; Gabriel Matsuda\*\*

\*Acadêmico de Engenharia Civil, [oliveirathais2002monielly@gmail.com](mailto:oliveirathais2002monielly@gmail.com)

\*\*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

Os telhados verdes, também conhecidos como coberturas vegetadas, têm ganhado destaque como solução sustentável para mitigar os impactos ambientais nas áreas urbanas. Esses sistemas oferecem diversos benefícios, como a redução do efeito de ilha de calor, melhoria da qualidade do ar, retenção de águas pluviais e promoção da biodiversidade. O objetivo deste estudo é revisar o estado da arte dos telhados verdes, identificar avanços recentes e desafios para sua adoção em larga escala, além de destacar tendências e perspectivas futuras no setor da construção sustentável. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica sistemática, com pesquisa em bases como ScienceDirect e Google Acadêmico, utilizando palavras-chave como "telhado verde", "construção sustentável", "infraestrutura verde" e "mitigação urbana". Os resultados apontam que os telhados verdes contribuem significativamente para a eficiência energética dos edifícios, a gestão hídrica urbana e o conforto térmico. Contudo, foi identificada a necessidade de estudos de longo prazo para avaliar o desempenho desses sistemas em diferentes climas e condições ambientais. Inovações tecnológicas, como sistemas modulares e técnicas avançadas de irrigação, estão impulsionando a adoção desses projetos. No entanto, desafios econômicos, como o custo inicial elevado, e a falta de regulamentações específicas dificultam sua implementação em larga escala. A pesquisa também ressalta o papel crucial de políticas públicas e incentivos governamentais para promover esses projetos. Regiões com subsídios e regulamentações favoráveis apresentam maior adesão a telhados verdes. Conclui-se que, apesar dos obstáculos, os telhados verdes são uma ferramenta eficiente para tornar cidades mais sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas. A ampliação de seu uso exige uma abordagem integrada entre governo, setor privado e academia, buscando inovações que reduzam custos e incentivem sua implementação.

**Palavras-chave:** construção sustentável, infraestrutura verde, mitigação urbana, sustentabilidade

### ABSTRACT

Green roofs, also known as vegetated covers, have gained prominence as a sustainable solution to mitigate environmental impacts in urban areas. These systems offer several benefits, such as reducing the heat island effect, improving air quality, retaining rainwater, and promoting biodiversity. The objective of this study is to review the state of the art of green roofs, identify recent advances and challenges for their large-scale adoption, and highlight trends and future perspectives in the sustainable construction sector. The methodology adopted was a systematic literature review, with research conducted on platforms such as ScienceDirect and Google Scholar, using keywords such as "green roof," "sustainable construction," "green infrastructure," and "urban mitigation." The results indicate that green roofs significantly contribute to building energy efficiency, urban water management, and thermal comfort. However, the need for long-term studies was identified to evaluate these systems' performance under different climates and environmental conditions. Technological innovations, such as modular systems and advanced irrigation techniques, are driving the adoption of these projects. However, economic challenges, such as high initial costs, and the lack of specific regulations hinder their large-scale implementation. The research also highlights the crucial role of public policies and government incentives in promoting these initiatives. Regions with subsidies and favorable regulations show higher adoption rates of green roofs. In conclusion, despite the challenges, green roofs are an effective tool for making cities more sustainable and resilient to climate change. Expanding their use requires an integrated approach among governments, the private sector, and academia, seeking innovations to reduce costs and encourage their implementation.

**Keywords:** sustainable construction, green infrastructure, urban mitigation, sustainability

**Copyright** © 2024, **Thais Monielly Silva Oliveira; Gabriel Matsuda**. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** OLIVEIRA, Thais Monielly Silva; MATSUDA, Gabriel. O estado da arte dos telhados verdes: Tendências e perspectivas futuras. **Iguazu Science**, São Miguel do Iguçu, v. 2, n. 6, p. 48-52, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

Com o avanço e aprimoramento dos recursos tecnológicos, a humanidade tem perseguido o progresso e o crescimento com crescente intensidade. No entanto, nas últimas décadas, a sociedade industrializada tem se deparado com os limites impostos pelos ecossistemas. Como destaca Pádua (2004), a natureza, sendo a fonte dos recursos utilizados para sustentar esse ímpeto de crescimento, acaba sofrendo impactos significativos, resultando no surgimento de uma crise ecológica.

O crescimento urbano acelerado e as mudanças climáticas têm impulsionado a busca por soluções sustentáveis na construção civil, com o objetivo de mitigar os impactos ambientais e promover um ambiente urbano mais equilibrado (Figueiredo, 2024).

Entre as diversas alternativas, os telhados verdes, também conhecidos como coberturas vegetadas, têm se destacado como uma estratégia eficiente para melhorar a qualidade ambiental nas cidades. Estes sistemas proporcionam múltiplos benefícios, incluindo a redução da temperatura, a melhoria da qualidade do ar, a retenção de águas pluviais e o aumento da biodiversidade urbana (Rocha, 2020).

Este estudo visa explorar o estado da arte dos telhados verdes, analisando as principais tendências e perspectivas futuras dessa tecnologia no contexto urbano. Serão abordados aspectos técnicos, econômicos e ambientais, bem como as barreiras e oportunidades para a adoção em larga escala. Ao mapear o cenário atual e as inovações emergentes, o trabalho busca contribuir para o avanço da implementação de telhados verdes como uma prática comum em projetos arquitetônicos sustentáveis.

## METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de mapear e analisar o estado da arte dos telhados verdes, destacando as tendências e perspectivas futuras dessa tecnologia. A pesquisa será baseada em artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos acadêmicos, com foco naqueles publicados nos últimos cinco anos. As principais fontes de pesquisa incluíram bases de dados como ScienceDirect, Google Acadêmico, além de sites especializados em construção sustentável e telhados verdes.

Foi utilizadas palavras-chave específicas para orientar a busca, tais como "telhado verde", "construção sustentável", "cobertura vegetada", "infraestrutura verde", "arquitetura sustentável", "mitigação urbana", "ecossistemas urbanos", e "soluções baseadas na natureza". As palavras-chave foram combinadas de diferentes maneiras para garantir uma abrangência adequada e a inclusão de estudos relevantes.

Os critérios de inclusão englobam publicações que discutam tanto aspectos técnicos quanto ambientais, além de abordagens inovadoras e tendências emergentes relacionadas aos telhados verdes. Trabalhos que ofereçam uma visão crítica sobre os desafios e as oportunidades desse sistema também serão priorizados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram utilizados 10 trabalhos acadêmicos publicos nos ultimos anos, em âmbito nacional, no qual pode ser visto no quadro 1 abaixo.

**Quadro 1. Trabalhos acadêmicos utilizado na pesquisa**

Nome do Artigo	Nome do Autor	Revista Publicada	Ano da Publicação
Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no brasil: uma revisão sistemática	Bruna Vogt Bär; Sergio Fernando Tavares	Parc pesquisa em arquitetura e construção	2017
Benefícios e limitações do uso de telhados verdes: uma revisão sistemática	Joyce Soares da Silva; Thais Tainan Santos da Silva	Revista geama	2022
Telhados verdes em regiões de clima tropical e subtropical: revisão crítica preliminar	Cloer Costa de Oliveira; Francisca r. Magalhães; Marcia marques;	Ix encontro nacional de águas urbanas	2012

	Luciene pimentel da silva		
Revisão sistemática do telhado verde na construção civil com a metodologia proknow-c.	Anderson Moulais da Silva	UFOP	2022
Sustentabilidade e à luz da vulnerabilidade: uma revisão sobre telhados verdes em habitações de interesse social	Rosiane de oliveira Souza; José Alberto Barroso Castañon ;	Periódico técnico e científico cidades verdes	2022
O uso do telhado verde como uma alternativa sustentável aos centros urbanos: uma revisão.	Nara Victória Marinho Cirqueira ; Luís Eduardo Alves Lima Rosângela Aparecida Pereira de Oliveira	Revista multidisciplinar do nordeste mineiro	2024
Impacto da utilização de telhados verdes no escoamento superficial do arroio esperança em Santa Maria-RS.	Vitor da Silva Calil; Ewerthon Cezar Schiavo Bernardi; Afranio Almir Righes.	Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas	2014
Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde	Marcel Aramis Budel	UTFPR	2014
Telhado verde modular extensivo: biodiversidade e adaptação das plantas aos Blocos TEVA.	Tatyane Nadja Martins Mendonça; Aluísio Braz de T Melo	PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção	2017

Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema.	Jorge Alex Willes	USP	2014
--	-------------------	-----	------

Fonte: Autoria Própria (2024)

A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível identificar várias tendências e perspectivas no campo dos telhados verdes, com base em artigos e trabalhos acadêmicos publicados nos últimos cinco anos. A análise dos materiais revelou avanços significativos em três principais áreas: desempenho ambiental, inovação tecnológica, e políticas públicas para a adoção de telhados verdes.

Os estudos revisados destacam consistentemente os benefícios ambientais dos telhados verdes, como a capacidade de mitigar o efeito de ilha de calor urbana, melhorar a qualidade do ar e aumentar a eficiência energética dos edifícios. Artigos recentes também enfatizam o papel dos telhados verdes na retenção de águas pluviais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos urbanos. No entanto, foram identificadas lacunas na literatura no que se refere à quantificação de benefícios a longo prazo, especialmente em diferentes contextos climáticos.

A revisão revelou um crescente interesse em inovações tecnológicas aplicadas aos telhados verdes, como o uso de novos materiais e sistemas de irrigação automatizados. Estudos focados em sistemas modulares e substratos alternativos também foram frequentes, sugerindo uma tendência para a criação de soluções mais eficientes e de menor custo. Entretanto, a implementação dessas tecnologias ainda enfrenta desafios, como a necessidade de maior padronização e regulamentação.

A análise mostrou que a adoção de telhados verdes está fortemente relacionada a políticas públicas e incentivos governamentais. Diversos estudos apontam que, em locais onde há subsídios e regulamentações específicas, a implementação de telhados verdes tem sido mais significativa. Contudo, a falta de políticas unificadas e a variação nas exigências entre diferentes regiões ainda representam obstáculos para a ampla adoção dessa prática.

Os resultados indicam que, embora os telhados verdes tenham demonstrado benefícios substanciais, a sua implementação ainda é limitada por fatores econômicos, técnicos e regulatórios. A inovação tecnológica e o suporte governamental aparecem como elementos-chave para superar essas barreiras. Além disso, a falta de estudos a longo prazo sugere a necessidade de mais pesquisas que considerem o desempenho dos telhados verdes ao longo de décadas e em diversas condições climáticas.

Esses achados destacam a importância de uma abordagem multidisciplinar que envolva engenheiros, arquitetos, urbanistas e formuladores de políticas públicas. A literatura também aponta para uma necessidade crescente de conscientização pública sobre os benefícios dos telhados verdes, o que pode impulsionar sua adoção tanto em áreas urbanas quanto rurais.

## CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica realizada permitiu compreender o estado atual e as tendências emergentes no campo dos telhados verdes, destacando sua relevância como uma solução sustentável para desafios urbanos contemporâneos. Os telhados verdes têm demonstrado benefícios significativos, como a mitigação do efeito de ilha de calor, a retenção de águas pluviais e a melhoria da qualidade ambiental. No entanto, para que esses sistemas sejam amplamente adotados, é fundamental superar barreiras técnicas, econômicas e regulatórias.

O estudo também evidencia a importância das inovações tecnológicas e do suporte governamental para promover a implementação desses sistemas em larga escala. Embora os avanços sejam promissores, há uma necessidade clara de mais pesquisas de longo prazo que avaliem o desempenho dos telhados verdes em diferentes contextos climáticos e ao longo de décadas.

Em suma, os telhados verdes apresentam um potencial transformador para a construção de cidades mais sustentáveis e resilientes, mas sua plena realização dependerá de uma abordagem integrada que envolva inovação, políticas públicas eficazes e conscientização social.

## REFERÊNCIAS

- BÄR, Bruna Vogt; TAVARES, Sergio Fernando. Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no Brasil: uma revisão sistemática. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 257-271, 2017. DOI: 10.20396/parc.v8i4.8650106. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650106>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- BUDEL, Marcel Aramis. Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

- CIRQUEIRA, N. V. M.; LIMA, Luís Eduardo Alves; OLIVEIRA, Rosângela Aparecida Pereira de. O uso do telhado verde como uma alternativa sustentável aos centros urbanos: uma revisão. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 4, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmm.v4i1.2297.

- FIGUEIREDO, Marcelo Machado de. O impacto dos princípios ambientais, sociais e governamentais na realização do direito fundamental à habitação e na promoção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado: um estudo de caso da BSPAR Incorporações. 2024. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Direito) – Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2024.

- MENDONÇA, Tatyane Nadjia Martins; MELO, Aluísio Braz de. Telhado verde modular extensivo: biodiversidade e adaptação das plantas aos Blocos TEVA. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 8, n. 2, p. 117-126, jun. 2017. ISSN 1980-6809. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v8i2.8649606>.

- OLIVEIRA, Clooer Costa de; MAGALHÃES, Francisca R.; MARQUES, Marcia; SILVA, Luciene Pimentel da. Telhados verdes em regiões de clima tropical e subtropical: revisão crítica preliminar. In: IX Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2012, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: ENAU, 2012.

- ROCHA, R. Avaliação da sustentabilidade ambiental, econômica e social em telhados verdes: estudo de caso entre Brasil e Portugal. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2020.

- SILVA, Anderson Moulais da. Revisão sistemática do telhado verde na construção civil com a metodologia ProKnow-C. 2022. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

- SILVA, J. Soares da; SILVA, T. Santos da; PASTICH, E. A. Benefícios e limitações do uso de telhados verdes: uma revisão sistemática. *Revista Geama*, v. 8, n. 3, p. 15-28, 2022. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/5122>. Acesso em: 27 ago. 2024.

- SOUZA, Rosiane de Oliveira; CASTAÑON, José Alberto Barroso. Sustentabilidade à luz da vulnerabilidade: uma revisão sobre telhados verdes em habitações de interesse social. *Cidades Verdes: Periódico Técnico e Científico*, 2022.

WILLES, Jorge Alex. Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema. 2014.

69 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

## SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM DRYWALL, CONCRETO PVC E EPS

Carlos Eduardo Machado\*; Jordana Quadros\*; Paola Lazzari\*; Thais Oliveira\*; Melissa Proença\*\*

\*Discente de Engenharia Civil - Faculdade Uniguaçu, [carlosedsm2001@gmail.com](mailto:carlosedsm2001@gmail.com);  
[quadrosjordana11@gmail.com](mailto:quadrosjordana11@gmail.com); [paolazzari51@gmail.com](mailto:paolazzari51@gmail.com); [oliveirathais2002monielly@gmail.com](mailto:oliveirathais2002monielly@gmail.com).

\*\*Doutoranda Engenharia Civil-UFPR, [melissa.pproenca@gmail.com](mailto:melissa.pproenca@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

Sistemas construtivos que otimizam recursos, reduzem o tempo de construção, diminuem o desperdício e aumentam a produtividade estão ganhando cada vez mais participação de mercado no setor da construção civil. Com o avanço da tecnologia e a busca por soluções sustentáveis, há uma necessidade cada vez maior de investigar e comparar novos métodos construtivos que proporcionem esses benefícios. Nesse contexto, foi desenvolvido um estudo exploratório com o objetivo de comparar as diversas características dos sistemas EPS (poliestireno expandido), concreto PVC e *drywall*, que se destacam pela eficiência e inovação. Apesar de algumas limitações, como a necessidade de mão de obra especializada, esses sistemas inovadores contribuem para uma construção civil mais moderna, sustentável e econômica, além de reduzir significativamente o impacto ambiental e promover maior eficiência nas obras.

**Palavras-chave:** Sistemas construtivos; vedação; gesso acartonado; chapas OSB.

### ABSTRACT

Construction systems that optimize resources, reduce construction time, reduce waste and increase productivity are increasingly gaining market share in the construction industry. With the advancement of technology and the search for sustainable solutions, there is an increasing need to investigate and compare new construction methods that provide these benefits. In this context, an exploratory study was developed with the objective of comparing the various characteristics of EPS (expanded polystyrene), PVC concrete and drywall systems, which stand out for their efficiency and innovation. Despite some limitations, such as the need for specialized labor, these innovative systems contribute to a more modern, sustainable and economical construction industry, in addition to significantly reducing environmental impact and promoting greater efficiency in construction projects.

**Keywords:** Construction systems; sealing; plasterboard; OSB sheets.

**Copyright** © 2024, Carlos Eduardo Machado; Jordana Quadros; Paola Lazzari; Thais Oliveira; Melissa Proença. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** MACHADO, Carlos Eduardo; QUADROS, Jordana; LAZZARI, Paola; OLIVEIRA, Thais; PROENÇA, Melissa. Sistemas Construtivos em Drywall, concreto PVC e EPS. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 53-56, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria da construção civil, acompanha a história, principalmente quanto aos materiais de construção, com o passar dos anos e a capacidade de manipular/fabricar diferentes materiais, novas técnicas foram sendo implementadas. Em um cenário mais atual as preocupações se voltam a inovações de menor impacto ambiental. O Brasil tem se destacado

ocupando o 4° lugar no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas pela ferramenta internacional LEED, segundo o site da GBC Brasil (2024).

As inovações tecnológicas de modo geral, tem alavancado o mercado de trabalho, novos métodos, equipamentos e materiais vem surgindo e mostrando-se eficazes em seus propósitos. Olhando para o lado da construção, observamos que a sustentabilidade vem ocupando um espaço extremamente importante, por meio de projetos ricos em abordagens inovadoras que

visam minimizar o impacto ambiental que as obras ocasionam (UFSM, 2023).

A utilização de materiais não convencionais, visam uma melhora no quesito sustentabilidade e tempo de execução. Segundo Alves (2019), o uso de *drywall* pode proporcionar uma maior versatilidade no layout interno das edificações, já o uso do sistema EPS, se mostrou vantajoso mediante sua facilidade de execução e redução de resíduos, conforme Paula e Araújo (2022). Sempre importante considerar as limitações desses sistemas, como a necessidade de mão de obra especializada (SILVEIRA et al., 2021).

Este estudo objetiva discorrer mais acerca dos sistemas construtivos *drywall*, concreto PVC e sistema em EPS que vem obtendo espaço e importância no mercado da construção civil.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida como um estudo exploratório, com o objetivo de reunir informações detalhadas sobre os sistemas construtivos *drywall*, concreto PVC e EPS. Foram consultadas diversas fontes de dados, incluindo artigos acadêmicos, publicações técnicas e relatórios do setor da construção civil, com foco em materiais publicados entre 2019 e 2024.

O objetivo principal foi identificar informações sobre o custo de cada sistema, suas vantagens e desvantagens, além de compreender sua aplicabilidade e eficiência em diferentes tipos de construção. O levantamento também buscou dados sobre a sustentabilidade desses métodos e seu impacto no tempo de execução e na mão de obra.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### DRYWALL

Segundo Scheidegger (2019) o *drywall* pode ser definido como um sistema construtivo feito a seco e composto por perfis, tratamento acústico e placas de gesso pré-fabricadas encapadas com papelão ou fibra de vidro e que pode ser fixada em estruturas de aço galvanizado para construção de casas e até mesmo prédios. Esse sistema é amplamente utilizado em outros países e ainda vem sendo difundido no Brasil.

As placas de *drywall* comumente são relacionadas a fragilidade devido ao barulho surdo e oco, mas apesar disso são um material extremamente resistente, com maior flexibilidade que paredes convencionais assim evitando trincas com a movimentação estrutural atuando como uma solução em edificações com grandes vãos.

Entre as vantagens desse sistema podemos destacar:

- Menor desperdício;

- Construções limpas;
- Alta produtividade;
- Leveza;
- Manutenção fácil;
- Flexibilidade de *layout*.

### CONCRETO PVC

Originalmente desenvolvido no Canadá, o concreto PVC está se consolidando no Brasil e já é utilizado em 12 estados, incluindo o Paraná. Essa tecnologia consiste em dois painéis ocios de PVC encaixados paralelamente e preenchidos com aço estrutural e concreto.

A técnica oferece diversas vantagens, especialmente em termos de praticidade. Com um prazo de execução reduzido e um orçamento mais econômico, devido à redução de mão de obra, o concreto PVC possibilita uma obra mais limpa, sem entulhos ou desperdícios. Além disso, elimina a necessidade de pintura, pois o acabamento é garantido pelo próprio PVC, contribuindo ainda para a redução do uso excessivo de madeira nas construções.

### EPS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

O EPS, ou isopor, descoberto na Alemanha em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, consiste em pérolas de até três milímetros que se expandem, ou seja, se trata de um material leve e versátil derivado do petróleo, cuja produção envolve a expansão de sua matéria-prima em 20 a 50 vezes. Composto por 98% de ar e apenas 2% de matéria sólida, altamente eficiente em isolamento térmico e acústico (PAULA; ARAÚJO, 2022).

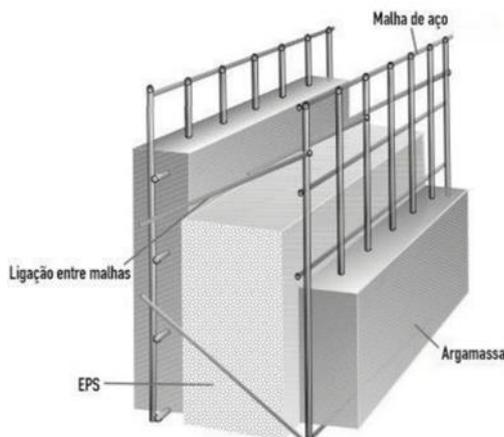
Um dos métodos onde o EPS se aplica é o método do ICF (*Insulated Concrete Forms*). Encaixe preciso de formas de poliestireno expandido (EPS), preenchido com concreto armado, e prontas para receber o chapisco e posterior reboco, o qual não é considerado pré-fabricado pois a montagem das formas, armação e concretagem são realizadas em obra (ARAÚJO; GOMES, 2022).

Outro método usual seria o dos painéis isolados estruturais (SIP), compostos por duas camadas externas, geralmente de madeira compensada ou OSB (*Oriented Strand Board*), e um núcleo isolante, de EPS, esses painéis são concebidos em fábricas que possuem o controle de qualidade (ARAÚJO; GOMES, 2022).

Já o sistema monolítico em EPS, assim como o método SIP, é considerado pré-fabricado. Consiste basicamente de painéis de argamassa armada que são preenchidos com o EPS, conforme a Figura 1. Esse método pode ser aplicado em diversas áreas como alvenaria estrutural, isolamento térmico, isolamento acústico, fundações e drenagens, acabamentos e revestimentos, etc. O tipo de fundação geralmente selecionada é do tipo radier, seguida pela fixação de

arranques de aço, que alinham os painéis. Após a cura do concreto, inicia-se a colocação dos painéis, sendo recomendada a impermeabilização entre os painéis e a fundação para evitar infiltrações (SOUZA, 2022).

Figura 1. Parede composta por dois painéis de argamassa armada com núcleo composto por EPS



Fonte: Araújo e Gomes (2023).

Segundo Paula e Araújo (2022) os sistemas construtivos em EPS, possuem exigência de mão de obra especializada, também há uma questão relacionada a inferioridade das placas de EPS disponíveis no Brasil em comparação às internacionais e o aumento dos custos dos insumos, que impacta o preço dos painéis monolíticos. Mas, apesar das desvantagens, o monolite se destaca por seu potencial de inovação na construção civil, especialmente em um contexto que valoriza a eficiência energética e a sustentabilidade.

## CONCLUSÕES

A construção civil está passando por uma transformação significativa, impulsionada pela necessidade de práticas sustentáveis e pela adoção de novos materiais e técnicas construtivas. O *drywall*, o concreto PVC e o EPS emergem como soluções inovadoras que não apenas atendem a essas demandas, mas também oferecem vantagens consideráveis em termos de agilidade, eficiência e redução do impacto ambiental.

Entretanto, é fundamental reconhecer as limitações e desafios associados a esses sistemas, como a necessidade de mão de obra especializada e questões culturais que podem impactar a aceitação dessas inovações no mercado. A capacitação da força de trabalho e a disseminação de conhecimento sobre essas tecnologias são essenciais para superar tais barreiras. Portanto, ao avançarmos para um futuro mais sustentável na construção civil, a integração de materiais não convencionais e práticas inovadoras não apenas representa uma oportunidade de aprimoramento do setor, mas também reflete um

compromisso com a preservação ambiental e a eficiência energética.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Alan Nunes. **Vantagens e desvantagens do uso de drywall na construção civil**. 2019. Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Atenas, Atenas, 2019.
- ARAÚJO, Amanda Martins; GOMES, Luiz Augusto Damas. **Sistemas construtivos em EPS**. In: Simpósio de Engenharia de Produção Universidade Federal de Catalão 17 a 19 de agosto de 2022. Goiás, 2022.
- GBC Brasil. **Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas pela ferramenta internacional LEED**. 2023. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/brasil-ocupa-o-4o-lugar-no-ranking-mundial-de-construcoes-sustentaveis-certificadas-pela-ferramenta-internacional-leed/>. Acesso em: 3 out. 2024.
- PAULA, Gustavo Silva de; ARAÚJO, Tiago Fernandes de. **Sistema construtivo monolítico: revisão sistemática das vantagens frente ao sistema construtivo convencional de alvenaria**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UNICEPLAC, Brasília - DF, 2022.
- SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori. Análise física do sistema drywall: uma revisão bibliográfica. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 03, Vol. 04, pp. 19-41. Março de 2019.
- SILVEIRA, Cynthia Rodrigues; SANTOS, Emanuela Mendes Aguiar; FERREIRA, Walkíria Pederiva; LOCATELLI, Ana Paula Klaus. Análise comparativa entre o sistema construtivo concreto PVC e alvenaria convencional utilizadas em construções de habitações de interesse social. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 2068-2083, nov./dez. 2021.
- SOUZA, Rodrigo S. **A Utilização Do Eps No Sistema Construtivo Autoportante**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras, Divinópolis, 2022.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Inovações tecnológicas sustentáveis: rumo a um futuro eco-friendly**. 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/sistemas-de->

informacao/2023/09/25/inovacoes-tecnicas-sustentaveis-rumo-a-um-futuro-eco-friendly.  
Acesso em: 3 out. 2024.

## SISTEMAS CONSTRUTIVOS: PRÉ-MOLDADOS E MODULARES

Nathalia Luisa França da Silva\*; Luis Felipe Ferreira\*; Eduardo Felipe Christ\*; João Vitor Caetano\*; Melissa Pastorini Proença\*\*

\*Discente de Engenharia Civil - Faculdade Uniguaçu, [nathylu44@icloud.com](mailto:nathylu44@icloud.com); [luzferreraluizfox@gmail.com](mailto:luzferreraluizfox@gmail.com); [eduardofchrist@gmail.com](mailto:eduardofchrist@gmail.com); [caetanojvc2017@gmail.com](mailto:caetanojvc2017@gmail.com).

\*\*Doutoranda Engenharia Civil-UFPR, [melissa.pproenca@gmail.com](mailto:melissa.pproenca@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

Os sistemas pré-moldados e modulares têm transformado a construção civil ao oferecer soluções mais eficientes e sustentáveis, esse estudo buscou definir estes sistemas e suas principais características, vantagens e desvantagens, através de uma pesquisa exploratória. Embora ambos os sistemas ofereçam grandes benefícios, o pré-moldado é amplamente utilizado em grandes projetos de infraestrutura e edifícios industriais, enquanto o modular se destaca em construções que demandam rapidez, flexibilidade e personalização. A escolha entre os dois métodos depende de fatores como o tipo de projeto, tempo disponível e orçamento. De qualquer forma, ambos representam avanços significativos na modernização e sustentabilidade do setor de construção civil.

**Palavras-chave:** Sistema construtivo, pré-fabricado, sistemas de vedação, paredes em concreto.

### ABSTRACT

Precast and modular systems have been transformed in civil construction by offering more efficient and sustainable solutions. This study sought to define these systems and their main characteristics, advantages and disadvantages, through exploratory research. Although both systems offer great benefits, precast is widely used in large infrastructure projects and industrial constructions, while modular stands out in constructions that require speed, flexibility and customization. The choice between the two methods depends on factors such as the type of project, available time and budget. In any case, both represent innovative advances in the modernization and sustainability of the construction sector.

**Keywords:** Construction system, prefabricated, sealing systems, concrete walls.

Copyright © 2024, Nathalia Luisa França Da Silva; Luis Felipe Ferreira; Eduardo Felipe Christ; João Vitor Caetano; Melissa Pastorini Proença.

This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** DA SILVA, Nathalia Luisa França; FERREIRA, Luis Felipe; CRIST, Eduardo Felipe; CAETANO, João Vitor; PROENÇA, Melissa. Sistemas Construtivos em Drywall, concreto PVC e EPS. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 57-58 dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

A construção civil está em constante transformação, e as inovações tecnológicas têm impulsionado novas formas de construir com mais eficiência, rapidez e sustentabilidade. Entre essas inovações, destacam-se os sistemas construtivos pré-moldados e modulares. Esses sistemas trazem uma série de benefícios em termos de economia de tempo e recursos, além de reduzirem os impactos ambientais. Este trabalho visa explorar as principais características, vantagens e desafios desses sistemas,

fornecendo uma análise comparativa e discutindo suas aplicações em diferentes tipos de projetos.

## METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter exploratório e descritivo, com o objetivo de analisar a viabilidade e eficiência dos sistemas construtivos pré-moldados e modulares, comparando-os com métodos tradicionais em termos de custo, tempo e sustentabilidade, em uma abordagem qualitativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ambos os sistemas modulares e pré-moldados oferecem vantagens claras em termos de eficiência e sustentabilidade, mas os sistemas modulares (Figura 1) destacam-se pela rapidez de execução e maior flexibilidade no *design*, enquanto os pré-moldados são mais comuns em grandes estruturas de infraestrutura e edifícios industriais.

Figura 1. Obra realizada com sistema modular



Fonte: Santos (2022).

Com o sistema pré-moldado (Figura 2) os componentes estruturais (como vigas, pilares, lajes) são fabricados fora do local de construção e depois transportados para serem montados na obra.

Figura 2. Detalhamento de peças pré moldadas



Fonte: Salema Pré-Fabricados em Concreto (2022).

Nos sistemas modulares unidades completas (módulos) são pré-fabricadas fora do canteiro e

montadas no local, podendo incluir instalações e acabamentos internos. No sistema pré-moldado há redução do tempo de construção, mas ainda depende da montagem e ajustes no canteiro de obras. Já o modular acelera significativamente o processo, pois os módulos são montados quase prontos, reduzindo o ciclo completo da obra.

## CONCLUSÕES

A comparação entre sistemas pré-moldados e modulares revela que ambos oferecem soluções inovadoras e eficientes para a construção civil, cada um com características que atendem a diferentes tipos de projetos. Os sistemas pré-moldados se destacam pela robustez e economia em grandes estruturas, sendo amplamente utilizados em obras de infraestrutura. Por outro lado, os sistemas modulares são altamente flexíveis, sustentáveis e oferecem uma execução rápida, tornando-se uma escolha ideal para projetos que demandam agilidade e personalização.

Enquanto os pré-moldados focam na eficiência estrutural e na redução de materiais, os sistemas modulares proporcionam maior controle de qualidade e integração tecnológica, como o uso do BIM, além de serem mais sustentáveis. A escolha entre esses sistemas deve considerar fatores como o tipo de obra, o tempo disponível para execução, os recursos financeiros e a necessidade de personalização. Assim, tanto os pré-moldados quanto os modulares representam avanços significativos na construção civil, cada um contribuindo de maneira única para a modernização e sustentabilidade do setor.

## REFERÊNCIAS

SALEMA PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO.

**Estrutura multipavimento.** Disponível em: <<https://www.salemaprefabricados.com.br/estrutura-multipavimento>>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.

SANTOS, Altair. Massa Cinzenta. **Tecnologias que não podem faltar nos canteiros de obras em 2022.** Disponível em: <

<https://www.cimentoitambe.com.br/tecnologias-que-nao-podem-faltar-nos-canteiros-de-obras-em-2022/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2024.

## USO DE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS EM AVALIAÇÕES ESTRUTURAIS

Gabriel Matsuda\*; Leandro Lazzarin\*\*

\*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

\*\*Acadêmico de Engenharia Civil, [leandrolazzarin10214@gmail.com](mailto:leandrolazzarin10214@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

A qualidade das edificações é uma preocupação central na construção civil, especialmente na que diz respeito à resistência, durabilidade e confiabilidade. Tradicionalmente, ensaios destrutivos eram utilizados para avaliar o concreto, mas, atualmente, ensaios não destrutivos (END) têm se tornado cada vez mais populares devido às suas vantagens, como a eliminação de resíduos, redução de custos, agilidade nos processos e confiabilidade nos resultados. Este estudo, baseado em pesquisa qualitativa e revisão bibliográfica, analisa diversas tecnologias não destrutivas aplicadas em avaliações estruturais, com ênfase nas estruturas de concreto armado. As principais metodologias discutidas incluem ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassonografia, tomografia, GPR (Radar de Penetração em Solo) e termografia. Cada um desses métodos oferece soluções específicas para detecção de falhas, avaliação da qualidade do concreto e análise das armaduras, contribuindo para a segurança e a eficiência na construção civil. Os ensaios não destrutivos podem substituir os destrutivos, embora o custo inicial para a aquisição dos equipamentos seja um obstáculo. No entanto, a longo prazo, os custos operacionais dos END são inferiores, tornando-os uma alternativa viável e eficaz na avaliação da qualidade das edificações.

**Palavras-chave:** Construção Civil, Ensaios não destrutivos, Avaliação Estrutural

### ABSTRACT

The quality of buildings is a central concern in civil construction, particularly regarding strength, durability, and reliability. Traditionally, destructive testing was used to evaluate concrete; however, non-destructive testing (NDT) has become increasingly popular due to its advantages, such as waste elimination, cost reduction, process agility, and reliability of results. This study, based on qualitative research and literature review, analyzes various non-destructive technologies applied in structural assessments, with an emphasis on reinforced concrete structures. The main methodologies discussed include sclerometry, pachometry, ultrasonography, tomography, GPR (Ground Penetrating Radar), and thermography. Each of these methods offers specific solutions for fault detection, concrete quality assessment, and rebar analysis, contributing to safety and efficiency in civil construction. Although non-destructive tests can replace destructive ones, the initial cost for equipment acquisition may pose an obstacle. However, in the long term, the operational costs of NDT are lower, making them a viable and effective alternative for assessing the quality of buildings.

**Keywords:** Civil construction, Non-destructive testing, Structural assessment

Copyright © 2024, Gabriel Matsuda; Leandro Lazzarin. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** MATSUDA, Gabriel; LAZZARIN, Leandro. Uso de tecnologias não destrutivas em avaliações estruturais. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguaçu, v. 2, n. 6, p. 59-63, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

Uma das preocupações em torno da construção civil é sem dúvida a qualidade das edificações com relação à sua resistência, confiança e durabilidade. Historicamente ocorriam ensaios de resistência do

concreto na sua aplicação conforme preconiza a NBR 6118:2023 e com o passar dos anos a construção seria avaliada por ensaios destrutivos, que como o nome diz, há a necessidade de coleta de material para análise posterior em laboratório.

Atualmente é cada vez mais utilizado os ensaios não destrutivos para a avaliação da qualidade das edificações. Diversas são as vantagens desse método, se ressalta a eliminação de resíduos (amostras), diminuição de custos, a agilidade no tempo de execução do ensaio, além da confiabilidade do método.

## METODOLOGIA

Através de pesquisa qualitativa, foi analisado o uso de tecnologias não destrutivas em avaliações estruturais. A pesquisa foi realizada através de revisão bibliográfica que apresentou uma série de tecnologias adotadas na construção civil para a avaliação da qualidade e deteriorização das construções, em especial as em concreto armado, demonstrando serem viáveis do ponto de vista econômico/financeiro e também quanto a confiabilidade dos sistemas empregados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Hoje no mercado existem diversas tecnologias, não destrutivas, para avaliação de estruturas em concreto, com destaque aos Ensaio de Esclerometria, de Pacometria, de Ultrassonografia, de Tomografia, do Georadar (GPR) e de Termografia. A seguir será apresentado cada um desses ensaios em particular.

### ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

O ensaio de esclerometria, mais conhecido como método de esclerômetro de Schmidt, é um dos mais antigos do mercado, porém é ainda um dos mais utilizados (Vieira, 2021). Esse ensaio é normatizado pela ABNT NBR 7584:2012, que discorre sobre a qualidade do concreto no estado endurecido e a avaliação da dureza na superfície do concreto, utilizando o processo de reflexão.

O item 3.1.1 da ABNT NBR 7584 (2012), regulamento os quatro tipos de esclerômetros e operam em funções das características da estrutura de concreto e o grau de precisão. Com energia de percussão de 30 N.m, 2,25 N.m, 0,90 N.m e 0,75 N.m, que são respectivamente para obras de grandes volumes de concreto, obras comuns, obras com concreto de baixa resistência e para concretos de pequenas dimensões.

Para a execução do teste deverá ser escolhida e preparada a área da superfície a ser analisada, realizar uma demarcação para os disparos dos pulsos e a partir daí realizar a aplicação dos pulsos, a operação do esclerômetro é simples, deverá ser comprimido contra o concreto, tensionando a mola que fica na parte interior do aparelho, quando é liberada, causa um impacto na superfície e parte da energia vai para o concreto e parte retorna para o sistema de mola, que causa um impacto no equipamento, que por sua vez procede o registro (VIEIRA, 2021). Quanto maior for a dureza do concreto, maior será a quantidade de

energia que retorna ao aparelho, quanto menor for a duzera mais energia será absorvida pelo concreto.

A figura 1 mostra o esclerômetro em posição para a utilização em uma medição de amostra a campo.

Figura 1. Sistema de equações



Fonte: Silva (2019)

Com a leitura em mãos, é necessário efetuar a correlação entre a resistência a compressão do concreto e o índice esclerométrico, que é feito através de um ábaco, fornecido pelo fabricante do equipamento, utilizando valores como o índice encontrado e o ângulo de ensaio (Vieira, 2021).

### PACOMETRIA

O pacômetro, é um aparelho que verifica a posição das armaduras de aço no interior do concreto, através da emissão de ondas eletromagnéticas de baixa frequência (Soeiro, 2018). Também é possível detectar as dimensões das barras de aço, os espaçamentos e até a espessura do recobrimento do concreto (Alves, Abreu, 2021).

O aparelho emite um campo magnético e tanto a armadura quanto o recobrimento, afetam a formação desse campo, enquanto no visor do aparelho fica registrado a barra de aço e a espessura do recobrimento de concreto (Pedroza, 2018).

Para uma leitura mais precisa do equipamento é melhor que a utilização seja realizada em paralelo com as barras de aço, no sentido longitudinal, para tanto é fundamental um breve conhecimento técnico.

Figura 2. Operador manuseando o pacômetro



Fonte: Proceq (2017)

A leitura é realizada quando o pacômetro é deslocado ao longo da estrutura de concreto, o aparelho emite um sinal sonoro ao contato com barra, assim o operador faz anotações na superfície da peça,

registrando a quantidade de barras, espaçamento e quantidade delas (Fonseca et al. 2021).

Quando a densidade de armadura é muito alta, o pacômetro não fornece resultados muito satisfatórios, já que o equipamento tem dificuldade de identificar barras próximas uma das outras. O ensaio de pacometria não é regulamentado pela ABNT NBR.

**ENSAIO DE ULTRASSONOGRRAFIA**

De acordo com CARNIEL, 2021, o ensaio de ultrassom é um método não destrutivo de alta sensibilidade que avalia as propriedades mecânicas do concreto e também de identifica falhas, descontinuidades e manifestações patológicas no material. O método consiste em propagação de ondas ultrassônicas atuando entre um emissor e receptor, a velocidade com que se propaga a onda no interior do concreto, permite a obtenção de dados como fissuras, corrosão de armaduras, trincas e demais anomalias do material (Rocha; Póvoas, 2019).

O objetivo é obter a velocidade da propagação da onda e a distância percorrida pela onda, também registrando as particularidades de cada material, já que essa propagação depende das características de cada meio (Paiva, 2017).

Figura 3. A) Equipamento de Ultrassom B) Equipamento durante o uso



a)

b)

Fonte: Paiva (2017)

De acordo com o item 5 da ABNT NBR 8802 (2019), os transmissores e receptores podem ser posicionados na face do concreto de três maneiras, a saber: transmissão direta, transmissão indireta e transmissão semidireta; sendo transdutores de face opostas, de mesma face e os de faces adjacentes.

**ENSAIO DE TOMOGRAFIA**

A tomografia tem o objetivo mapear uma seção interna do concreto a partir de projeções de resultados de ultrassom, sendo possível um aprimoramento considerável nos resultados obtidos através dos ensaios convencionais (Ramirez, 2015). O tomógrafo é um instrumento que serve para identificar as falhas no concreto. O ensaio é também conhecido como tomografia ultrassônica, que utiliza ondas de cisalhamento, permitindo um conhecimento do interior do material, utilizado para o controle de qualidade e os reparos, pois também pode gerar

imagens tridimensionais tomográficas (Reginato et al., 2016).

Os testes de tomografia ultrassônica utilizam ondas de alta frequência, superiores a 20.000 Hz, geradas por emissores que percorrem o interior do material a ser analisado e são refletidas até a superfície onde encontram uma mudança na impedância, esse retorno após detectados, formam uma imagem e através das análises das ondas de choque.

O tratamento das imagens é possível, verificar a qualidade do concreto, bem como a qualidade das armaduras no seu interior, também as possíveis falhas na execução da armadura e na concretagem do material, bem como a existência de bolhas ou fissuras na amostra. Segundo LORENZI, et al. 2016, o limite máximo de detecção desse ensaio é cerca de dois metros de profundidade com boa precisão nos resultados.

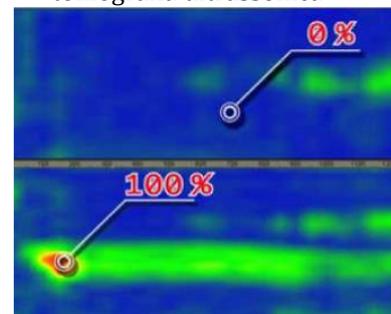
Figura 4. Tomógrafo A1040- MIRA®



Fonte: Lorenzi et al., (2016)

A figura 05 abaixo, representa uma tomografia ultrassônica onde a cor azul representa 0% de vazios na amostra observada, já a região em vermelho representa uma amostra com 100% de vazios na amostra. As demais cores são originadas pela interpolação dos espaços analisados.

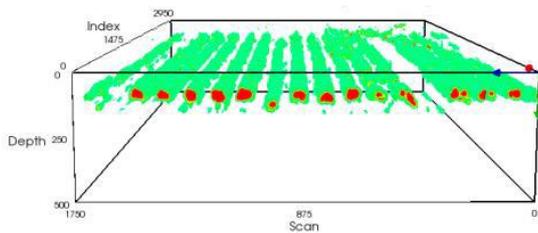
Figura 5. Representação dos resultados de uma tomografia ultrassônica



Fonte: Lorenzi et al., (2013)

Já a figura abaixo, mostra a imagem da identificação dos alvéolos por meio de um corte transversal identificados pela cor vermelha além dos seus espaçamentos, formas e distâncias da instalação até a face superior da laje.

Figura 6. Identificação dos alvéolos por meio do corte transversal



Fonte: Lorenzi et al., (2013)

### ENSAIO DE GPR

A sigla GPR significa Ground Penetrating Radar, em tradução, Radar de Penetração em Solos, que era utilizada inicialmente em geofísica, geologia e geotécnica, e posteriormente inserida em construção civil, porém com o advento da possibilidade de operação com frequências muito mais altas (Bernardes Júnior, 2016). Como os demais métodos não destrutivos, é utilizada entre outras operações, na identificação de vergalhões, fissuras, vazios e também avaliar a espessura de peças e camadas de concreto.

O ensaio trata-se da propagação de sinais eletromagnéticos, através de antenas usadas para a emissão e detecção de ondas. A faixa de operação de emissão de ondas varia de acordo com a utilização, a saber: até 100 MHz é utilizada para obras profundas, com escalas em metros, já entre 100 a 1.000 MHz é utilizada para pavimentação, e faixas entre 1.000 a 5.000 MHz é utilizada para estruturas em escala de centímetros (Ramos, 2019).

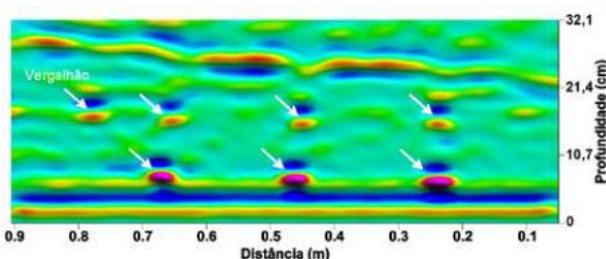
A figura mostra a instalação do equipamento de GPR para a obtenção de medição em uma cúpula de construção.

Figura 7. Ensaio de GPR na cúpula



Fonte: Cintra et al., (2020)

Figura 8. Processamento da seção de radar da parte inferior



Fonte: Galli; Guirardi; Bressan (2014)

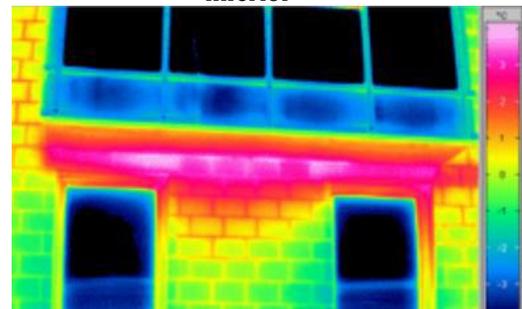
A figura demonstra anomalias que foram causadas por vergalhões, isso indica a eficiência do método utilizado para a obtenção dos resultados desejados para a avaliação da estrutura analisada (Galli; Guirardi; Bressan, 2014).

### ENSAIO DE TERMOGRAFIA

Embora esse teste possa ser utilizado em diversas aplicações na construção civil, no Brasil, ele é normalmente aplicado para a detecção de umidade ou deslocamento em rebocos das edificações. A termografia faz uma análise comparativa da temperatura para encontrar defeitos nas estruturas onde ocorrem defeitos internos no concreto como o deslocamento de reboco ou até mesmo a corrosão de armadura. Por ser um método rápido e fácil em relação à coleta de dados, quando comparados a outros métodos não destrutivos (Hiasa; Birgul; Catbas, 2017).

A medição da condutividade térmica, serve de obtenção de dados que são gerados através da diferença na temperatura da superfície estudada (Ramirez, 2015). As imagens geradas através de termografias, são avaliadas e geram resultados, podendo ser comparados através da transferência de calor. Apenas o zero absoluto não é capaz de emitir radiação térmica, a partir dele todos os corpos são capazes de gerar irradiação e por comparação pode-se formar relatórios comparativos.

Figura 9. Processamento da seção de radar da parte inferior



Fonte: Cunha; Qualharini; Mello (2020)

## CONCLUSÕES

Os ensaios não destrutivos podem substituir os destrutivos, o maior empecilho é o custo inicial para a aquisição dos equipamentos, porém ao longo do tempo o custo inicial vai sendo diluído. Importante ressaltar que os ensaios não destrutivos tem um custo operacional menor que os ensaios destrutivos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. S.; ABREU, G. M. **Análise qualitativa e quantitativa da execução do cobrimento de armadura em estruturas de concreto armado**

- na cidade de Catalão-GO.** 2021. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade UNA de Catalão – Campus Santa Cruz, Catalão, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 14 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8802: Concreto endurecido – determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2019. 15 p.
- BERNARDES JÚNIOR, P. L. **Uso do GPR (ground penetrating radar) como ferramenta não destrutiva na avaliação e inspeção de estruturas em concreto armado.** 2016. 80 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2016.
- CARNIEL, A. J. Z. et al. **Avaliação da sensibilidade dos parâmetros de ultrassom difuso na caracterização de misturas de concreto.** 2021. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.
- FONSECA, F. B. et al. Ensaio não destrutivo para avaliação da rigidez em elementos de concreto armado. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 20009-20018, fev. 2021.
- GALLI, V. L.; GUIRARDI, D. M.; BRESSAN, D. L. GPR aplicado na localização de armadura em estrutura de concreto. In: *VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA*, 2014, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 2014.
- LORENZI, A. et al. Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p. 3-13, jun. 2016.
- PEDROZA, L. F. M. **Avaliação do desempenho do ensaio não destrutivo de pacometria para verificação do cobrimento e posicionamento de barras de aço.** 2018. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/FATECS), Brasília, DF, 2018.
- RAMOS, D. H. **Avaliação de ensaios não destrutivos aplicados ao concreto armado.** 2019. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- REGINATTO, L. A. et al. Monitoramento de estruturas de concreto armado através de ensaios ultrassônicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 72942-72960, 2021.
- ROCHA, J. H. A.; PÓVOAS, Y. V. Detecção de corrosão em concreto armado com termografia infravermelha e ultrassom. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, p. 53-68, out. 2019.
- SANDES, N. R. **Inspeção de pontilhão urbano em concreto armado segundo a NBR 9452: 2019 – inspeções de OAEs.** 2020. 101 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju, Aracaju, 2020.
- SOEIRO, J. M. et al. **Ensaio não destrutivo** – Ensaio de ultrassom e pacômetro na avaliação da qualidade do concreto armado. In: *CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA*, 2018, Maceió. Anais [...]. Maceió-AL, 2018.
- VIEIRA, A. C. **Análise da esclerometria no controle tecnológico do concreto.** 2021. 14 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIFACIG, 2021.

## ANÁLISE TÉCNICA E ESTRATÉGICA DO PLANO DIRETOR DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU: PERSPECTIVAS E DESAFIOS DA ENGENHARIA URBANA

Carlos Eduardo da Silva Machado\*; Gabriel Matsuda\*\*;

\*Acadêmico de Engenharia Civil, [carlosedsm2001@gmail.com](mailto:carlosedsm2001@gmail.com)

\*\*Engenheiro Civil e mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, [enggabrielmatsuda@gmail.com](mailto:enggabrielmatsuda@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 11 nov. 2024  
Aceite: 12 nov. 2024  
Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

O Plano Diretor Municipal de São Miguel do Iguazu é essencial para o desenvolvimento urbano sustentável da cidade, abrangendo aspectos como uso do solo, infraestrutura, mobilidade urbana e preservação ambiental. Este estudo analisou o plano sob uma perspectiva técnica e estratégica, focando em desafios e oportunidades para a engenharia urbana no município. A pesquisa envolveu revisão bibliográfica, análise de dados primários e secundários, e entrevistas com profissionais da área. As políticas de habitação e saneamento ambiental destacam-se pelo compromisso com a inclusão social e sustentabilidade. A implementação eficaz dessas diretrizes depende da colaboração entre o poder público, a iniciativa privada e a comunidade, com ênfase na participação cidadã. A modernização da infraestrutura, a ampliação do saneamento e a adoção de tecnologias inovadoras são ações cruciais para o crescimento equilibrado de São Miguel do Iguazu, promovendo qualidade de vida e sustentabilidade. O estudo conclui que, embora o plano seja abrangente, sua efetividade está atrelada à execução e monitoramento contínuos, garantindo que os objetivos de desenvolvimento urbano sejam alcançados de maneira inclusiva e resiliente.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento sustentável, urbanismo, infraestrutura, saneamento ambiental, mobilidade urbana, inclusão social.

### ABSTRACT

The São Miguel do Iguazu Municipal Master Plan is essential for the sustainable urban development of the city, covering aspects such as land use, infrastructure, urban mobility, and environmental preservation. This study analyzed the plan from a technical and strategic perspective, focusing on the challenges and opportunities for urban engineering in the municipality. The research involved a literature review, analysis of primary and secondary data, and interviews with professionals in the field. Housing and environmental sanitation policies stand out for their commitment to social inclusion and sustainability. The effective implementation of these guidelines depends on the collaboration between the public sector, private initiative, and the community, with an emphasis on citizen participation. The modernization of infrastructure, the expansion of sanitation, and the adoption of innovative technologies are crucial actions for the balanced growth of São Miguel do Iguazu, promoting quality of life and sustainability. The study concludes that, while the plan is comprehensive, its effectiveness is tied to continuous execution and monitoring, ensuring that urban development goals are achieved in an inclusive and resilient manner.

**Keywords:** Sustainable development, urban planning, infrastructure, environmental sanitation, urban mobility, social inclusion

Copyright © 2024, Carlos Eduardo da Silva Machado; Gabriel Matsuda. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** MACHADO, Carlos Eduardo da Silva; MATSUDA, Gabriel; LAZZARIN, Leandro. Análise técnica e estratégica do plano diretor de São Miguel do Iguazu: Perspectivas e desafios da Engenharia Urbana. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 64-67, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

O Plano Diretor Municipal de São Miguel do Iguazu constitui o instrumento fundamental para a política de desenvolvimento do município nos aspectos físico, social, econômico e administrativo. Ele orienta as

ações do Poder Público e da iniciativa privada, atendendo às aspirações da comunidade e normatizando as relações entre os cidadãos, as instituições e o meio físico municipal (SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 2016).

O Plano Diretor é uma ferramenta fundamental para o planejamento e desenvolvimento urbano, sendo um documento que orienta o crescimento e ordenamento territorial de um município. Em São Miguel do Iguazu, o Plano Diretor visa garantir o desenvolvimento sustentável da cidade, equilibrando o uso do solo, a preservação ambiental, a infraestrutura urbana e o bem-estar social.

Esta análise técnica e estratégica tem como objetivo identificar as principais perspectivas e desafios enfrentados pela engenharia urbana no contexto do Plano Diretor do município. Ao abordar questões como o planejamento de infraestrutura, a adequação dos espaços públicos, a gestão de recursos naturais e as políticas de mobilidade urbana, esta pesquisa busca oferecer uma visão abrangente e crítica sobre os caminhos traçados para o futuro da cidade.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta análise baseia-se em uma abordagem qualitativa e quantitativa. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica para compreender os conceitos e diretrizes que orientam os Planos Diretores em geral, com ênfase em aspectos de engenharia urbana. Em seguida, foram coletados dados primários e secundários sobre o Plano Diretor de São Miguel do Iguazu, incluindo mapas, relatórios técnicos, legislações e estudos anteriores.

A análise técnica foi conduzida por meio da avaliação detalhada dos componentes do plano, como zoneamento, uso do solo, infraestrutura, mobilidade urbana, e sustentabilidade ambiental. Além disso, foram realizadas entrevistas com profissionais da área de engenharia urbana, arquitetura e planejamento urbano, bem como com gestores públicos, para identificar as percepções sobre os desafios e as oportunidades associadas à implementação do plano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Relatório Brundtland de 1987, intitulado “Nosso Futuro Comum”, introduziu a ideia de que o uso sustentável dos recursos naturais deve atender às O Plano Diretor Municipal de São Miguel do Iguazu, fundamentado na Constituição da República, nos artigos 30 e 182, na Lei Federal nº 10.257/01 (Estatuto da Cidade), na Constituição do Estado do Paraná e na Lei Orgânica Municipal, é instituído por

esta Lei. Ele estabelece as normas, os princípios básicos e as diretrizes para sua implantação em toda a extensão territorial do município.

Este Plano é o instrumento fundamental da política de desenvolvimento urbano do município, integrando o processo de planejamento municipal. Assim, o plano plurianual, a lei de diretrizes orçamentárias e o orçamento anual devem incorporar as diretrizes e prioridades estabelecidas nele.

O Plano Diretor é composto pelas seguintes leis específicas: Lei dos Perímetros Urbanos, Lei do Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo da Sede Urbana, Lei do Parcelamento do Solo Urbano, Lei do Sistema Viário, Código de Obras e Código de Posturas. Outras leis podem vir a integrar o Plano Diretor, desde que tratem de assuntos relacionados ao desenvolvimento urbano e ao planejamento municipal, e estabeleçam claramente sua compatibilidade com as leis já existentes no Plano.

O sucesso do Plano Diretor depende da implementação de políticas que não apenas promovam o crescimento econômico, mas que também respeitem o meio ambiente e promovam a inclusão social. A diversificação econômica, a capacitação da população local e o fortalecimento das cadeias produtivas são essenciais para garantir um desenvolvimento equilibrado e sustentável. Além disso, a integração regional e a colaboração com municípios vizinhos podem ampliar os benefícios e as oportunidades para São Miguel do Iguazu.

O Plano Diretor de São Miguel do Iguazu, no capítulo referente às Políticas de Desenvolvimento Socioeconômico, foca em maximizar os recursos naturais, logísticos e culturais do município para promover o crescimento econômico e o bem-estar social. As políticas estabelecidas visam à renovação tecnológica, diversificação da produção, fortalecimento das cadeias produtivas e promoção do turismo. A implementação eficaz dessas diretrizes, com participação ativa da comunidade e da iniciativa privada, será crucial para alcançar os objetivos propostos e garantir um desenvolvimento sustentável e inclusivo para o município.

O Plano Diretor de São Miguel do Iguazu estabelece uma Política Municipal de Habitação com o objetivo central de resolver a carência habitacional no município, garantindo o acesso a terra urbanizada e à moradia para todos os habitantes. A proposta é abrangente e busca atacar as várias frentes do problema habitacional, desde o acesso ao solo urbano até a sustentabilidade dos programas habitacionais.

Os princípios estabelecidos pela política de habitação são sólidos e bem fundamentados. A diretriz de democratizar o acesso ao solo urbano é crucial para garantir que as famílias de baixa renda possam acessar terras e moradias de qualidade. A ênfase na regularização fundiária e requalificação urbanística de assentamentos precários demonstra um compromisso

em não apenas oferecer moradia, mas também em melhorar as condições de vida das famílias que já residem em áreas urbanas desfavorecidas.

Entretanto, a política poderia ser fortalecida com a introdução de mecanismos mais claros para garantir a participação popular, especialmente na formulação e implementação das iniciativas habitacionais. Embora a participação popular seja mencionada, é essencial que essa participação seja estruturada de forma a garantir que as vozes das comunidades mais afetadas sejam ouvidas e tenham influência real nas decisões.

Além disso, a diretriz de promover a remoção de famílias de áreas de risco deve ser tratada com sensibilidade, garantindo que essas remoções sejam realizadas de forma justa e com a devida compensação, incluindo a oferta de alternativas habitacionais adequadas.

O Capítulo IV do Plano Diretor de São Miguel do Iguazu aborda as Políticas de Saneamento Ambiental Integrado, um componente crucial para garantir a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida da população. O saneamento ambiental é visto como um conjunto de ações interligadas que incluem o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem, reuso de águas pluviais e controle de vetores de doenças transmissíveis.

A abordagem integrada do saneamento ambiental é um ponto forte, pois reconhece a interdependência entre os diferentes elementos que compõem o sistema de saneamento. A inclusão de ações como a gestão de recursos hídricos, a arborização urbana e a reabilitação de áreas de risco reforça a visão de um planejamento urbano que busca conciliar o desenvolvimento com a proteção ambiental.

Segundo o Plano Diretor, a política reconhece a necessidade de tratar o saneamento de forma integrada, considerando todas as suas dimensões, o que é essencial para um planejamento eficaz. A ênfase na educação ambiental contínua é fundamental para garantir que a população entenda e participe das ações de saneamento, promovendo mudanças culturais necessárias para a sustentabilidade.

A política incorpora o conceito de sustentabilidade em suas diretrizes, o que é crucial para assegurar que as ações de saneamento não apenas atendam às necessidades atuais, mas também protejam os recursos naturais para as futuras gerações. A garantia de participação efetiva da comunidade nas questões de saneamento é uma estratégia importante para aumentar a eficiência e a aceitação das políticas implementadas.

Embora haja diretrizes para a educação ambiental e a participação comunitária, a política poderia ser fortalecida com mecanismos mais claros de monitoramento e avaliação das ações propostas, para garantir que os objetivos sejam atingidos e que os impactos sejam positivos. A política poderia

beneficiar-se de uma maior ênfase na adoção de tecnologias inovadoras para o tratamento de resíduos sólidos e a gestão de recursos hídricos, aproveitando avanços recentes na área de saneamento ambiental. A criação de um plano de emergência e contingência para problemas na prestação de serviços de saneamento é um avanço, mas seria importante detalhar mais as ações previstas, garantindo que o plano seja executável e eficaz em situações de crise.

A implementação das diretrizes propostas no capítulo depende fortemente da capacidade técnica e administrativa da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que precisará ser devidamente capacitada e equipada. A continuidade e a eficácia das políticas de saneamento dependerão da articulação entre o poder público, a iniciativa privada e a sociedade civil, garantindo que todos os setores trabalhem em conjunto para alcançar os objetivos propostos.

A modernização do sistema de gestão de resíduos sólidos, a ampliação da rede de abastecimento de água e esgoto, e a execução de projetos de revitalização dos cursos d'água, como o Arroio Pinto e o Rio Leão, são ações que, se bem implementadas, poderão transformar a qualidade de vida dos moradores e promover uma maior sustentabilidade ambiental no município.

O Capítulo IV do Plano Diretor de São Miguel do Iguazu estabelece uma política de Saneamento Ambiental Integrado abrangente, que inclui ações interligadas para garantir o equilíbrio ambiental e a salubridade. As diretrizes incluem a educação ambiental, a gestão integrada de recursos, a modernização do sistema de resíduos sólidos e a participação comunitária. No entanto, o sucesso das políticas dependerá da eficácia na implementação, monitoramento e adoção de tecnologias inovadoras.

Este trecho do Plano Diretor de São Miguel do Iguazu trata de importantes instrumentos urbanísticos, como a Outorga Onerosa do Direito de Construir, a Transferência de Potencial Construtivo, e o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV).

## CONCLUSÕES

O Plano Diretor Municipal de São Miguel do Iguazu se apresenta como um instrumento essencial para o ordenamento e desenvolvimento urbano da cidade, refletindo as diretrizes e os princípios do desenvolvimento sustentável. A análise técnica e estratégica demonstrou que o plano abrange de forma abrangente as áreas fundamentais para o crescimento equilibrado do município, incluindo o uso do solo, a infraestrutura urbana, a mobilidade e a preservação ambiental. As políticas de habitação e saneamento ambiental, com enfoque na sustentabilidade e na inclusão social, evidenciam o compromisso da gestão municipal com a melhoria da qualidade de vida de

seus habitantes e a proteção dos recursos naturais.

Entretanto, a eficácia do Plano Diretor depende da implementação prática de suas diretrizes, que exigem a colaboração efetiva entre o poder público, a iniciativa privada e a comunidade. A participação ativa dos cidadãos e o monitoramento contínuo das ações são fundamentais para o sucesso das políticas propostas, garantindo que as metas estabelecidas sejam alcançadas e que a cidade cresça de forma ordenada, sustentável e inclusiva. A modernização de infraestruturas, a ampliação do saneamento e a adoção de tecnologias inovadoras, além de um planejamento que integre os diversos setores da sociedade, são desafios que precisarão ser enfrentados para que o município se desenvolva de

maneira resiliente e promova o bem-estar das futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nosso futuro comum: relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU. Plano Diretor. 2016. Disponível em: <https://saomiguel.pr.gov.br/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

## NOVO TRECHO AVENIDA UNIGUAÇU

Daniel Tobaldini\*; Gabrielle Pereira Werner\*; Carla Caroline Facchi\*\*

\*Discente de Engenharia Civil -UNIGUAÇU, [danieltobaldini30@gmail.com](mailto:danieltobaldini30@gmail.com), [gabriellefernanda70@hotmail.com](mailto:gabriellefernanda70@hotmail.com).

\*\*Docente do curso de Engenharia Civil - UNIGUAÇU, [facchiengenharia@gmail.com](mailto:facchiengenharia@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 11 nov. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

O novo trecho na Avenida Uniguaçu visa melhorar a mobilidade urbana, reduzir acidentes e facilitar o acesso. O projeto inclui a criação de um trevo com canteiros, em vez de uma rotatória, que, embora ofereça melhor fluidez, foi descartada devido ao custo elevado. A escolha desse modelo de trevo considerou fatores técnicos e econômicos, optando por uma solução viável que atenda demandas imediatas e permita execução mais rápida. Essa estrutura pode ser adaptada para futuras ampliações e melhorias, estabelecendo uma base para um desenvolvimento viário mais eficiente e integrado. Apesar das limitações, essa escolha reflete as restrições orçamentárias e temporais que impactam projetos de infraestrutura.

**Palavras-chave:** trevo; fluidez; rotatória.

### ABSTRACT

The new section on Avenida Uniguaçu aims to improve urban mobility, reduce accidents, and facilitate access. The project includes creating a cloverleaf with medians instead of a roundabout, which, although offering better flow, was discarded due to high costs. The choice of this cloverleaf model considered technical and economic factors, opting for a feasible solution that meets immediate demands and allows for quicker execution. This structure can be adapted for future expansions and improvements, establishing a foundation for a more efficient and integrated road development. Despite limitations, this choice reflects the budgetary and time constraints that impact infrastructure projects.

**Keywords / Palabras clave:** interchange; flow; roundabout.

**Copyright** ©, 2024, Daniel Tobaldini; Gabrielle Pereira Werner; Carla Caroline Facchi. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** TOBALDINI, Daniel; WERNER, Gabrielle Pereira; FACCHI, Carla Caroline. Novo trecho avenida UNIGUAÇU. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 68-69, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

O novo trecho na Avenida Uniguaçu, traz melhorias significativas para a mobilidade urbana da região, com o objetivo de reduzir os acidentes e facilitar o acesso. O projeto apresentado contempla a criação de um trevo com canteiros, outra solução seria a rotatória, que otimiza as paradas e melhora o tempo, porém, resultaria em mais gastos.

A metodologia utilizada para desenvolvimento do novo trecho, foi pesquisas regionais e cálculos, buscando a melhor e mais viável opção para a

resolução desse problema

Com essas mudanças, espera-se um tráfego mais fluido e seguro, além de uma melhor integração entre cidade e rodovia, impulsionando o desenvolvimento local e melhorando a qualidade de vida dos moradores e motoristas que utilizam a via diariamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a proposta de estrutura viária, é possível notar que a solução apresentada não se trata de um verdadeiro trevo, mas sim de um contorno. A



## DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DA SINALIZAÇÃO VIÁRIA EM FRENTE A ESCOLA HENRIQUE GUELLERE

Eduardo Vinicius Bardini\*; Micaela Helena Corso\*; Kairo Natan da Silva\*; Carla Caroline Facchi\*\*

\*Acadêmicos do curso de Engenharia Civil, [eduardpbardini@mail.com](mailto:eduardpbardini@mail.com); [micaelahelenacorso18@gmail.com](mailto:micaelahelenacorso18@gmail.com); [kairo0710@hotmail.com](mailto:kairo0710@hotmail.com)

\*\*Engenheira Civil e docente do curso de engenharia civil, [facchiengenharia@gmail.com](mailto:facchiengenharia@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 11 nov. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

A segurança viária em áreas próximas a escolas é uma questão essencial para proteger alunos, professores e a comunidade, tendo um papel fundamental na organização do trânsito e na redução de acidentes, especialmente em regiões de alta circulação de pedestres, como é o caso da Escola Henrique Guellere, em São Miguel do Iguazu, Paraná. O estudo teve como objetivo avaliar a sinalização viária focando em identificar problemas que impactam a segurança de pedestres e motoristas e propor melhorias para criar um ambiente mais seguro. A metodologia combinou análise de imagens de satélite e uma visita in loco. Essa abordagem permitiu avaliar a infraestrutura de sinalização horizontal e vertical e a iluminação ao redor da escola, seguida de normas do Código de Trânsito Brasileiro e orientações do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A análise revelou falhas significativas, como o desgaste da sinalização horizontal, o que compromete a visibilidade e aumenta o risco de acidentes e a sinalização vertical mostrou-se insuficiente para alertar os motoristas adequadamente. Além disso, a iluminação pública foi considerada inadequada, especialmente durante a noite, comprometendo a segurança nas áreas de travessia de pedestres, recomendando intervenções de médio a longo prazo. As melhorias sugeridas visam aumentar a segurança e acessibilidade, adequando-se às normas de trânsito e beneficiando a comunidade escolar e os motoristas.

**Palavras-chave:** sinalização rodoviária; segurança escolar; tráfego urbano.

### ABSTRACT

Road safety in areas close to schools is an essential issue to protect students, teachers and the community, playing a fundamental role in organizing traffic and reducing accidents, especially in regions with high pedestrian circulation, such as the School Henrique Guellere, in São Miguel do Iguazu, Paraná. The study aimed to evaluate road signage, focusing on identifying problems that impact the safety of pedestrians and drivers and proposing improvements to create a safer environment. The methodology combined analysis of satellite images and an on-site visit. This approach made it possible to evaluate the horizontal and vertical signage infrastructure and lighting around the school, followed by standards from the Brazilian Traffic Code and guidelines from the National Traffic Council (CONTRAN) and the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). The analysis revealed significant flaws, such as the wear of horizontal signage, which compromises visibility and increases the risk of accidents, and vertical signage proved insufficient to adequately alert drivers. Furthermore, public lighting was considered inadequate, especially at night, compromising safety in pedestrian crossing areas, recommending medium to long-term interventions. The suggested improvements aim to increase safety and accessibility, adapting to traffic regulations and benefiting the school community and drivers.

**Keywords:** road signage; school security; urban traffic.

**Citação:** BALDINI, Eduardo Vinicius; CORSO, Micaela Helena; DA SILVA, Kairo Natan; FACCHI, Carla Caroline. Diagnóstico e prognóstico da sinalização viária em frente a escola Henrique Guellere. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguacu, v. 2, n. 6, p. 70-73, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

A sinalização viária desempenha um papel crucial na segurança e organização do trânsito, especialmente em áreas próximas a escolas, onde o fluxo de pedestres e veículos é mais intenso. Neste contexto, a Escola Henrique Guellere, localizada em São Miguel do Iguacu - Paraná, apresenta desafios em sua sinalização viária, que podem comprometer a segurança dos alunos e da comunidade.

A escolha desta via para análise se justifica pela presença de uma escola nas proximidades, o que aumenta a necessidade de uma sinalização eficiente e segura para garantir a proteção de alunos, professores e demais pedestres. Além disso, a avaliação das condições da sinalização viária em áreas escolares está alinhada com as diretrizes do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), que estabelece normas e padrões para a sinalização viária, visando garantir a segurança de todos os usuários da via.

Logo, o objetivo principal deste trabalho é analisar o estado atual da sinalização viária em frente à escola e propor intervenções imediatas e de longo prazo para garantir um ambiente mais seguro e eficiente para pedestres e motoristas. Essas recomendações serão baseadas em uma avaliação detalhada dos aspectos mencionados, visando melhorias tanto na infraestrutura quanto na conscientização da população.

## METODOLOGIA

A implantação de uma política pública, em especial as que envolvem projetos de infraestrutura, geralmente é complexa e envolve a análise de uma grande quantidade de informações de diferentes áreas: econômica, social, jurídica, político-administrativas e ambientais (RODRIGUE et al., 2012).

Para avaliar o estado da sinalização viária em frente à Escola Henrique Guellere foram adotadas abordagens de análise por meio de imagens de satélite, identificando a disposição das vias, a presença de faixas de pedestres e placas de sinalização, além de observar a infraestrutura ao redor da escola.

Após essa análise, foi realizada uma visita in loco (no local) para verificar a conservação das sinalizações e condições físicas do entorno. Essa observação pessoal foi essencial para identificar detalhes que não podem ser percebidos por imagens de satélite, como o desgaste das faixas de pedestres e a iluminação pública durante o período noturno.

Seguida de algumas normas já prescritas, como:

Manuais do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN)

Resolução CONTRAN Nº 738/2018: Estabelece normas e procedimentos para a sinalização horizontal (pintura de faixas, linhas e símbolos no pavimento) e a sinalização vertical (placas de trânsito) voltada para áreas de pedestres e ciclistas, com foco na segurança viária. Essa resolução é uma das várias que atualizam as regras de trânsito e adequam a sinalização para garantir a segurança e fluidez no tráfego, especialmente em áreas de grande circulação de pedestres e ciclistas.

Resolução CONTRAN Nº 160/2004: Trata sobre as características técnicas dos sinais de trânsito e a obrigatoriedade de sinalização adequada em locais próximos a escolas.

Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

A ABNT NBR 9050 estabelece critérios técnicos de acessibilidade, que são importantes para garantir o acesso seguro e adequado de pedestres, especialmente de crianças e pessoas com mobilidade reduzida, nas áreas de circulação de trânsito próximas às escolas.

Resoluções sobre lombadas e redutores de velocidade

Resolução CONTRAN Nº 600/2016: Estabelece normas para a instalação de dispositivos de controle de velocidade, como lombadas físicas e faixas elevadas, comuns em frente a escolas para reduzir a velocidade dos veículos.

Sinalização de Faixas de Pedestres

Resolução CONTRAN Nº 693/2017: Define a obrigatoriedade de faixas de pedestres bem demarcadas e visíveis, especialmente em áreas escolares, onde há grande fluxo de crianças e adultos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da sinalização viária revelou deficiências em diversos aspectos da infraestrutura de segurança viária. Conforme observado no estudo de campo, a sinalização horizontal e vertical apresenta problemas significativos que comprometem a segurança de pedestres e motoristas, especialmente durante os horários de entrada e saída dos alunos.

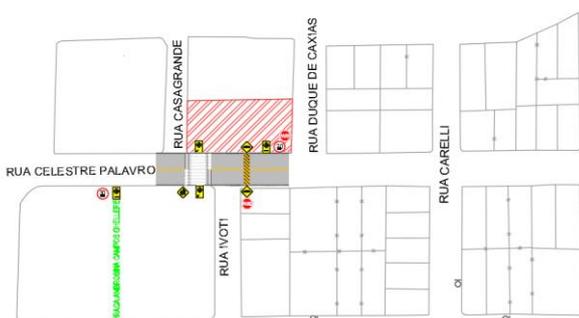
A sinalização horizontal, composta por faixas de pedestres e lombadas, encontra-se desgastada devido ao tempo e ao alto fluxo de veículos na região. A falta de manutenção adequada na pintura das faixas de pedestres pode reduzir a visibilidade e a eficácia dessa sinalização, aumentando o risco de acidentes em áreas de grande movimentação de

pedestres, como é o caso de escolas.

Neste contexto, recomenda-se a repintura imediata das faixas de pedestres e lombadas, seguindo as especificações da Norma Brasileira NBR 9050 (ABNT, 2015), que define os critérios de acessibilidade e segurança em áreas públicas. A repintura deve utilizar materiais refletivos, garantindo visibilidade adequada em todas as condições de iluminação e também foi percebido a necessidade ser adicionado mais lombadas elevadas antes e após a escola.

A sinalização vertical também apresenta problemas, apesar da presença de algumas placas indicativas de velocidade (30 km/h) e de aviso de lombada. Conforme regulamentado pela Resolução CONTRAN n.º 160 de 22/04/2004, a sinalização em áreas escolares deve ser reforçada com placas que informem motoristas sobre a presença de crianças e a necessidade de redução de velocidade. A ausência de placas de "Área Escolar" em uma distância adequada pode reduzir o tempo de reação dos condutores, colocando pedestres em risco.

Figura 1. Situação atual da via.



Fonte: Os autores, 2024.

Figura 2. Situação proposta para a via.



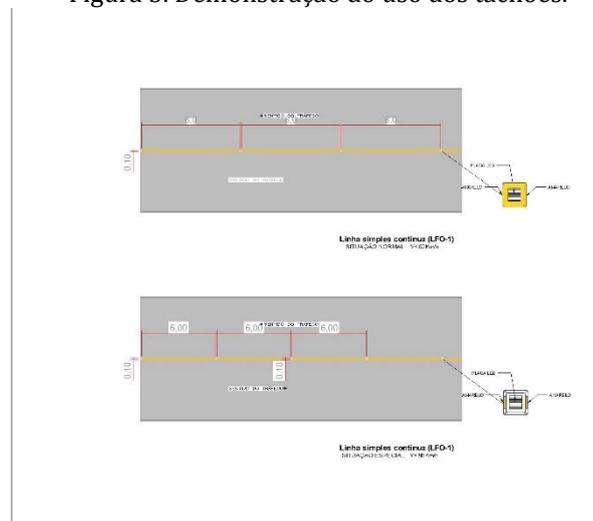
Fonte: Os autores, 2024.

Estudos e regulamentações, como a Resolução CONTRAN n.º 738, indicam que o uso adequado de sinalização vertical, como placas de redução de velocidade e de alerta para travessia de pedestres, para reduzir em até 40% a incidência de atropelamentos em áreas próximas a escolas.

Portanto, recomenda-se a instalação de novas placas de sinalização a uma distância mínima de 100 metros antes da escola, conforme prescrito pelo Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (CONTRAN, 2022).

A instalação de tachões em uma via "obriga" os motoristas a reduzirem a velocidade, pois o impacto causado ao passar sobre os mesmos gera desconforto se a velocidade não for moderada, logo, indica-se que nos primeiros 30 metros, a partir da porta da escola, nos dois sentidos da via o uso de tachões a cada 6 metros. Após os 30 metros iniciais, muda-se o espaçamento dos tachões para 8 metros, refletindo uma transição gradativa, onde ainda se mantém o controle sobre a velocidade, mas com uma intensidade um pouco menor, juntamente com a faixa contínua.

Figura 3. Demonstração do uso dos tachões.



Fonte: Os autores, 2024.

Outro fator crítico identificado foi a precariedade da iluminação pública, que compromete a visibilidade da sinalização horizontal e a segurança dos pedestres durante o período noturno. Já que áreas mal iluminadas estão associadas a um aumento no número de acidentes, sobretudo em cruzamentos e travessias de pedestres. A falta de iluminação adequada nas faixas de pedestres em frente à escola é uma situação de risco, especialmente considerando a mobilidade de crianças e adolescentes no período da noite.

Portanto, é necessário implementar melhorias na iluminação pública, substituindo as lâmpadas de baixa eficiência por tecnologias de LED, que oferecem maior durabilidade e eficiência energética.

A análise das calçadas revelou problemas de acessibilidade, com irregularidades que dificultam a mobilidade de pedestres, especialmente de pessoas com deficiência, são um dos principais fatores que afetam a mobilidade urbana e a inclusão de pessoas com deficiência, comprometendo não apenas a segurança, mas também o direito de circulação dos

cidadãos.

A Norma Brasileira NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos estabelece critérios para garantir a acessibilidade em vias públicas, como rampas com inclinação adequada e pisos táteis, que facilitam a mobilidade de pedestres com necessidades especiais. Dessa forma, recomenda-se a requalificação das calçadas em frente à escola, com a inclusão de rampas de acesso e a padronização da pavimentação para garantir a segurança e acessibilidade de todos.

## CONCLUSÕES

A análise da sinalização viária em frente à Escola Henrique Guellere evidenciou a necessidade urgente de intervenções que priorizem a segurança viária. As principais melhorias propostas envolvem a repintura das faixas de pedestres com materiais de alta visibilidade, aprimoramento da sinalização vertical com placas refletivas e melhorias na iluminação pública. A requalificação das calçadas e a inclusão de rampas acessíveis também são essenciais para assegurar a mobilidade e segurança de todos os usuários. Essas ações são fundamentais para atender às normas vigentes e reduzir o risco de acidentes, garantindo um ambiente mais seguro e inclusivo para a comunidade escolar e motoristas.

Contudo, para fazer as readequações necessárias com a inserção de novas placas, tachões e repintura, o total do investimento seria de \$5620.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO
PLACA A-33b - TE	1	90
PLACA A-18/50M	2	260
TACHAO	25	450
PINTURA FAIXAS	50m <sup>2</sup>	1000
PINTURA FAIXA ELEVADA	1	870
PINTURA LOMBADA	2	700
PINTURA FAIXA CDE PEDESTRE	9	2250
<b>TOTAL</b>		<b>5620</b>

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14644:2021- Sinalização Vertical Viária. Brasil, 2021.
- BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro Digital. Normas Gerais de circulação e conduta. Disponível em: <<https://www.ctbdigital.com.br/artigo/art32/>>. Acesso em 15 de setembro de 2024.
- RESOLUÇÃO CONTRAN nº 160 DE 22 DE ABRIL DE 2004. Disponível em < Resolução CONTRAN nº 160 DE 22/04/2004 ([normasbrasil.com.br](http://normasbrasil.com.br))>. Acesso em 15 de setembro de 2024.
- RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 738, DE 6 DE SETEMBRO DE 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucao-contran-no-738-de-6-de-setembro-de-2018>>. Acesso em 15 de setembro de 2024.
- MANUAL BRASILEIRO DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO, Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/senatran/manuais-brasileiros-de-sinalizacao-de-transito>>. Acesso em 15 de setembro de 2024.
- RODRIGUE, J. P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. The geography of transport systems. Nova York: Routledge, 2006. BAHIA, Mônica M; LAUDARES, João B; A participação da mulher em áreas específicas da engenharia. 2012.

## OTIMIZAÇÃO PARA TREVO BR 277 KM 652

Alisson Murillo de Mello Pereira\*; Narciso Sokacheski Meneghetti\*; Romulo Fernandes Dos Santos\*; Carla Caroline Facchi\*\*

\*Acadêmicos do curso de Engenharia Civil da Faculdade UNIGUAÇU, [murilogt3melo\\_@outlook.com](mailto:murilogt3melo_@outlook.com); [narcisomeneghetti703@gmail.com](mailto:narcisomeneghetti703@gmail.com); [rfdstromulo@gmail.com](mailto:rfdstromulo@gmail.com).

\*\*Engenheira Civil e docente do curso de engenharia civil da UNIGUAÇU, [facchiengenharia@gmail.com](mailto:facchiengenharia@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### Histórico de submissão:

Recebido em: 18 nov. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

O trevo localizado no km 652 da BR-277, no município de Matelândia, Paraná, enfrenta sérios desafios relacionados ao fluxo de veículos. A alta concentração de veículos, em especial os oriundos de um frigorífico próximo, tem causado problemas de mobilidade e segurança no local. Esses problemas de tráfego são agravados pela falta de uma infraestrutura adequada no trevo para lidar com o volume de veículos, resultando em longas filas, atrasos e, muitas vezes, acidentes. O atual desenho do trevo não oferece a fluidez necessária, comprometendo tanto a operação logística dos transportadores quanto a segurança dos usuários da rodovia. O objetivo deste trabalho é analisar o tráfego no trevo do km 652, realizando levantamentos de dados, entrevistas e pesquisas para identificar soluções adequadas. A proposta busca não apenas aumentar a eficiência viária, mas também minimizar os transtornos diários enfrentados pelos motoristas e reduzir o risco de acidentes, proporcionando uma circulação mais segura e ágil no local. Para a realização deste estudo, foram adotadas diversas abordagens metodológicas com o intuito de obter uma visão abrangente dos problemas relacionados ao tráfego, como por exemplo, pesquisas em sites locais, entrevistas as autoridades responsáveis e a engenheiros da área. Após o levantamento de dados e a análise é possível indicar que o projeto de um trevo com essas características é a solução mais viável e eficiente para o problema atual no km 652 da BR-277, com potencial para atender às necessidades do tráfego local e garantir a segurança dos motoristas, sem incorrer em custos excessivos de infraestrutura.

**Palavras-chave:** tráfego, rodovia, segurança.

### ABSTRACT

The interchange located at km 652 of BR-277, in the municipality of Matelândia, Paraná, faces serious challenges related to the flow of vehicles. The high concentration of vehicles, especially those coming from a nearby meatpacking plant, has caused mobility and safety problems at the location. These traffic problems are aggravated by the lack of adequate infrastructure at the interchange to handle the volume of vehicles, resulting in long lines, delays and, often, accidents. The current design of the interchange does not provide the necessary fluidity, compromising both the logistics operations of transporters and the safety of highway users. The objective of this study is to analyze traffic at the interchange at km 652, conducting data surveys, interviews and research to identify appropriate solutions. The proposal seeks not only to increase road efficiency, but also to minimize the daily inconveniences faced by drivers and reduce the risk of accidents, providing safer and more agile circulation at the location. To conduct this study, several methodological approaches were adopted in order to obtain a comprehensive view of the problems related to traffic, such as research on local websites, interviews with responsible authorities and engineers in the area. After collecting data and analyzing it, it is possible to indicate that the design of a cloverleaf interchange with these characteristics is the most viable and efficient solution to the current problem at km 652 of BR-277, with the potential to meet the needs of local traffic and ensure the safety of drivers, without incurring excessive infrastructure costs.

**Keywords:** traffic, highway, safety.

Copyright © 2024, Alisson Murillo de Mello Pereira; Narciso Sokacheski Meneghetti; Romulo Fernandes Dos Santos; Carla Caroline Facchi. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** PEREIRA, Alisson Murillo de Mello; MENEGHETTI, Narciso Sokacheski; DOS SANTOS, Romulo Fernandes; FACCHI, Carla Caroline. Otimização para trevo BR 277 KM 652. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 74-77, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

O trevo localizado no km 652 da BR-277, no município de Matelândia, Paraná, enfrenta sérios desafios relacionados ao fluxo de veículos. A alta concentração de veículos, em especial os oriundos de um frigorífico próximo, tem causado problemas de mobilidade e segurança no local. O intenso tráfego de caminhões e veículos pesados que utilizam o trevo para acessar a rodovia ou realizar manobras de entrada e saída provoca constantes conflitos com o fluxo de veículos leves que transitam pela BR-277.

Esses problemas de tráfego são agravados pela falta de uma infraestrutura adequada no trevo para lidar com o volume de veículos, resultando em longas filas, atrasos e, muitas vezes, acidentes. O atual desenho do trevo não oferece a fluidez necessária, comprometendo tanto a operação logística dos transportadores quanto a segurança dos usuários da rodovia.

O objetivo deste trabalho é analisar o tráfego no trevo do km 652, realizando levantamentos de dados, entrevistas e pesquisas para identificar soluções adequadas. A proposta busca não apenas aumentar a eficiência viária, mas também minimizar os transtornos diários enfrentados pelos motoristas e reduzir o risco de acidentes, proporcionando uma circulação mais segura e ágil no local.

## METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram adotadas diversas abordagens metodológicas com o intuito de obter uma visão abrangente dos problemas relacionados ao tráfego no trevo do km 652 da BR-277. As fontes de informação e as técnicas de análise utilizadas são descritas a seguir:

### Pesquisa em sites e notícias

Inicialmente, foi realizada uma revisão de artigos, reportagens e publicações em portais de notícias locais e regionais. Entre as principais fontes consultadas está o blog de notícias Guia Medianeira, que apresentou registros de alguns dos acidentes mais graves ocorridos no trevo. Além disso, grupos da comunidade local foram analisados, contendo relatos de ocorrências mais leves e de problemas diários enfrentados pelos motoristas.

Essa etapa foi fundamental para entender o histórico dos problemas no trevo e identificar

registros de acidentes, congestionamentos e outras ocorrências relevantes. Foram também consultados relatórios de órgãos de trânsito e de infraestrutura rodoviária, como a Polícia Rodoviária Federal (PRF), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER) e o Departamento de Trânsito Municipal de Matelândia (TRANSMAT), para contextualizar os desafios enfrentados ao longo dos últimos anos.

### Consultas a autoridades da Polícia Rodoviária Federal (PRF):

Uma reunião presencial foi realizada pela equipe com agentes e autoridades da PRF, que atuam diretamente no monitoramento e controle do tráfego na região, no dia 09/09/2024. Durante o encontro, foram fornecidos dados essenciais sobre a dinâmica do tráfego no trevo, as principais causas de acidentes e os horários de maior movimento. A PRF também compartilhou informações sobre as medidas já adotadas para minimizar os problemas, como a instalação do radar presente no trevo, bem como sugestões de possíveis intervenções aplicáveis ao local, como a duplicação da via, a construção de um viaduto ou a implantação de um novo trevo. Quando questionados sobre a solução mais eficaz e econômica para o trecho, os agentes indicaram que a implantação de um trevo com rotatória seria a alternativa mais efetiva para melhorar o fluxo e a segurança no local. Além disso, foi estabelecido um canal de comunicação remoto com as autoridades, por meio de mensagens, para esclarecimentos futuros e troca de informações adicionais.

### Análises em loco:

Foram feitas visitas técnicas ao trevo do km 652 para observação direta do fluxo de veículos em diferentes horários do dia, especialmente nos períodos de maior movimento, como o início da manhã e o final da tarde. Durante as análises in loco, foi possível verificar os pontos de conflito entre veículos leves e pesados, a estrutura física da interseção e o comportamento dos motoristas nas manobras de entrada e saída. A equipe identificou que o principal agravante do trevo é a chegada e saída de veículos pesados, pois há pouco espaço para que esses veículos aguardem a travessia, além das pistas de aceleração e frenagem serem curtas, o que dificulta a integração segura ao fluxo da rodovia. Esses dados empíricos foram fundamentais para compreender a gravidade dos problemas de mobilidade no local.

### **Consultoria com profissionais da área de engenharia de tráfego:**

Além da entrevista realizada com os Policiais da Polícia Rodoviária Federal, foi realizada entrevista com uma especialista em engenharia de tráfego e infraestrutura viária da região, para adquirir maior conhecimento e experiências profissionais, a fim de auxiliar na interpretação dos dados colhidos e poder propor soluções técnicas viáveis.

Esses profissionais vem realizando ao longo dos anos simulações de tráfego e análises de capacidade para avaliar o impacto de possíveis mudanças na geometria do trevo e nas regras de circulação. Além disso, eles sugerem melhorias específicas baseadas em boas práticas já aplicadas em outros trechos de rodovias similares.

Combinando essas diferentes abordagens, foi possível construir uma análise robusta da situação atual do trevo, identificando com precisão os pontos críticos e subsidiando a formulação de propostas de melhoria.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir das análises realizadas e conforme apontado por Albano (2016), o principal problema identificado no trevo do km 652 da BR-277 é a incapacidade da estrutura atual de suportar o crescente fluxo de veículos pesados, agravada por uma geometria inadequada para o trânsito intenso. A partir das pesquisas e consultas realizadas, a solução mais apropriada seria a implantação de um trevo maior, com uma rotatória central e pistas duplas, projetado para atender tanto às demandas atuais quanto às futuras expansões da rodovia.

Esse modelo de trevo já foi testado em outros pontos críticos da BR-277 e em rodovias similares no Brasil, com resultados altamente positivos. Um exemplo destacado pelas autoridades da PRF é o trevo no km 550 da mesma rodovia, onde uma estrutura similar foi implantada, resultando na significativa redução de acidentes e na melhora da fluidez do tráfego.

Considerando essa experiência e as referências fornecidas por Albano (2016), além das entrevistas com autoridades da PRF, DER, TRANSMAT e engenheiros de tráfego, a equipe avaliou várias propostas de intervenção. Após analisar as condições específicas do local, concluiu-se que a implantação de um trevo com rotatória e pistas adequadas é a solução mais eficiente. Essa proposta, descrita em detalhes a seguir, representa a alternativa mais viável para melhorar o fluxo de veículos e garantir maior segurança para os motoristas na região.

### **Rotatória central de grande diâmetro:**

A instalação de uma rotatória central ampla permitiria que os veículos, especialmente caminhões e veículos pesados, realizassem manobras com maior facilidade, sem interferir no fluxo principal de veículos leves. Isso reduziria os pontos de conflito e as chances de colisão, um dos principais fatores de acidentes no local.

### **Pistas duplas com faixas de aceleração:**

O projeto prevê a implementação de pistas duplas com longas faixas de aceleração e desaceleração, proporcionando maior segurança nas manobras de entrada e saída da rodovia. As faixas de aceleração são essenciais para que os caminhões possam se integrar ao fluxo de veículos leves sem causar interrupções bruscas, minimizando o risco de colisões traseiras ou laterais.

### **Sinalização reforçada:**

Outro ponto fundamental para a eficácia da solução é a implementação de sinalização intensiva, tanto no trevo quanto nas vias de acesso. Isso inclui sinalizações horizontais e verticais claras, placas de orientação e advertência, além de dispositivos de controle de velocidade, que orientam os motoristas sobre os limites de segurança e a correta utilização das faixas.

### **Efetividade:**

A combinação dessas intervenções reduziria em cerca de significativamente os transtornos e acidentes observados no local, de acordo com as simulações e comparações com outros trevos já implementados. O fluxo viário seria otimizado, eliminando os longos congestionamentos que hoje prejudicam a circulação, especialmente durante os horários de pico e em dias de maior movimento logístico, como os de carregamento no frigorífico.

### **Relação econômica:**

Além de sua efetividade, essa solução se destaca por ter um custo de implementação significativamente menor do que outras alternativas, como a construção de viadutos, túneis ou elevações. Embora essas medidas possam ser eficazes, seu custo e complexidade são consideravelmente maiores, e nem sempre garantem uma fluidez proporcional ao investimento. A adoção de um trevo com rotatória, por outro lado, representa uma intervenção de médio prazo com excelente custo-benefício, além de preparar a rodovia para uma possível duplicação futura, conforme a demanda por capacidade viária cresça.

Portanto, a análise indica que o projeto de um trevo com essas características é a solução mais viável e eficiente para o problema atual no km 652 da BR-277, com potencial para atender às

necessidades do tráfego local e garantir a segurança dos motoristas, sem incorrer em custos excessivos de infraestrutura.

Figura 1: Foto do trecho estudado



Fonte: Google Earth Pr, 2024.

## CONCLUSÕES

Em análise a equipe evidenciou que a reestruturação do local não apenas melhorará a fluidez do tráfego, mas também reduzirá significativamente os acidentes, promovendo uma circulação mais segura para todos os usuários. A solução, ao ser custo-efetiva, não só atende às demandas atuais como também se prepara para um

aumento futuro no volume de tráfego, alinhando-se com as melhores práticas observadas em outras rodovias. Assim, a otimização proposta representa um passo decisivo rumo à eficiência viária e à segurança nas estradas.

## REFERÊNCIAS

ALBANO, J.F. Vias de transporte 2.ed. Bookman, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 14 out. 2024.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br>. Acesso em: 21 set. 2024.

GUIMEDIANEIRA. Disponível em: <https://www.guimedianeira.com.br/>. Acesso em: 23 set. 2024.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ (DER-PR). Disponível em: <https://www.der.pr.gov.br>. Acesso em: 14 out. 2024.

## PARTICIPAÇÃO E DESAFIOS DAS MULHERES NA ENGENHARIA CIVIL: UMA ANÁLISE DA IGUALDADE DE GÊNERO NA PROFISSÃO

Eduardo Vinicius Bardini \*; Micaela Helena Corso \*\*; Vitor Barros Cabral\*; Jaqueline Tomasini Orth\*

\*Acadêmicos do curso de Engenharia Civil, [eduardpbardini@mail.com](mailto:eduardpbardini@mail.com); [micaelahelenacorso18@gmail.com](mailto:micaelahelenacorso18@gmail.com); [vitorbarros685@gmail.com](mailto:vitorbarros685@gmail.com).

\*\*Mestre em Energia e sustentabilidade, [eng.jaquelineorth@gmail.com](mailto:eng.jaquelineorth@gmail.com).

### INFORMAÇÕES

#### *Histórico de submissão:*

Recebido em: 11 nov. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

### RESUMO

A engenharia civil é historicamente dominada por homens, mas a presença feminina tem crescido nos últimos anos. No entanto, as mulheres ainda enfrentam desafios específicos, incluindo discriminação de gênero e barreiras no desenvolvimento de carreira, o que reflete a necessidade urgente de políticas que promovam igualdade e inclusão. Este estudo buscou analisar a participação feminina na engenharia civil, identificar os principais desafios enfrentados por essas profissionais e entender como as experiências e percepções das mulheres podem contribuir para um ambiente mais inclusivo. Para isso, utilizou-se uma abordagem mista, combinando análise de relatórios e dados quantitativos sobre representatividade feminina no setor, disponibilizando um questionário a engenheiros civis para captar experiências diretas dos profissionais. Os resultados indicam que, embora o número de mulheres na engenharia civil esteja em crescimento, muitas ainda enfrentam preconceitos e dúvidas sobre sua capacidade. Dentre os principais desafios estão a necessidade de provar suas habilidades e a dificuldade de aceitação em obras e no campo. A pesquisa também revela que, embora algumas empresas sejam inclusivas, ainda existem barreiras culturais significativas. A igualdade de gênero na engenharia civil requer esforços contínuos para reduzir a discriminação e melhorar as oportunidades para as mulheres. Políticas inclusivas, mentorias e um ambiente de apoio são essenciais para promover a representatividade feminina e garantir um campo de trabalho equitativo e respeitoso.

**Palavras-chave:** discriminação profissional; desafios na engenharia civil; inclusão no mercado de trabalho.

### ABSTRACT

Civil engineering is historically dominated by men, but the female presence has grown in recent years. However, women still face specific challenges, including gender discrimination and barriers to career development, reflecting the urgent need for policies that promote equality and inclusion. This study sought to analyze female participation in civil engineering, identify the main challenges faced by these professionals and understand how women's experiences and perceptions can contribute to a more inclusive environment. To achieve this, a mixed approach was used, combining analysis of reports and quantitative data on female representation in the sector, providing a questionnaire to civil engineers to capture the professionals' direct experiences. The results indicate that, although the number of women in civil engineering is growing, many still face prejudice and doubts about their capabilities. Among the main challenges are the need to prove your skills and the difficulty of acceptance on construction sites and in the field. The research also reveals that although some companies are inclusive, there are still significant cultural barriers. Gender equality in civil engineering requires continued efforts to reduce discrimination and improve opportunities for women. Inclusive policies, mentoring and a supportive environment are essential to promote female representation and ensure an equitable and respectful workplace.

**Keywords / Palabras clave:** professional discrimination; challenges in civil engineering; inclusion in the job market.

Copyright © 2024, Eduardo Vinicius Bardini; Micaela Helena Corso; Vitor Barros Cabral; Jaqueline Tomasini Orth. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** BARDINI, Eduardo Vinicius; CORSO, Micaela Helena; CABRAL, Vitor Barros; ORTH, Jaqueline Tomasini. Participação e desafios das mulheres na Engenharia Civil: Uma análise da igualdade de gênero na profissão. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguacu, v. 2, n. 6, p. 78-83, dez. 2024.

## INTRODUÇÃO

A engenharia civil, num todo, tem sido dominada por homens, a presença feminina nesse campo tem aumentado, mas ainda enfrentam uma série de desafios únicos e complexos. A igualdade de gênero na engenharia civil é uma questão crucial que abrange desde a representação nas salas de aula e nos locais de trabalho até a progressão na carreira e o enfrentamento dos estereótipos fixados.

A análise é baseada no cotidiano real, com os dados obtidos através de análises de relatórios e estudos sobre a participação das mulheres no ramo, juntamente com a realização de questionários, buscando conclusões para provar os obstáculos enfrentados. Além disso é fundamental para inspirar e motivar mais mulheres a ingressarem na engenharia civil, mostrando que é possível superar os desafios e alcançar o sucesso na profissão, contribuindo para um setor mais diversificado, equitativo e inclusivo.

Na tentativa de minimizar e transpor as barreiras impostas por estas desigualdades, gradativamente a mulher vem buscando um aperfeiçoamento de suas atividades profissionais através da qualificação técnica utilizando-se da educação como estratégia (BAHIA; LAUDARES, 2012).

## METODOLOGIA

Para investigar a participação e os desafios enfrentados pelas mulheres na engenharia civil, a metodologia adotada baseou-se em uma abordagem mista, combinando análise de dados e pesquisa de campo. Inicialmente, foram analisados relatórios e estudos existentes sobre a representatividade feminina no setor, visando identificar padrões e desafios recorrentes. Complementando essa análise, foi elaborado e aplicado um questionário direcionado a profissionais e estudantes de engenharia civil, com o objetivo de captar suas experiências e percepções sobre a igualdade de gênero na profissão.

Os dados obtidos a partir dos questionários permitiram uma análise quantitativa e qualitativa, oferecendo insights sobre os obstáculos enfrentados pelas mulheres no campo e a progressão de suas carreiras. Essa metodologia busca não apenas mapear os desafios, mas também inspirar ações que incentivem a inclusão e a equidade no setor, proporcionando uma compreensão mais ampla da realidade das engenheiras civis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

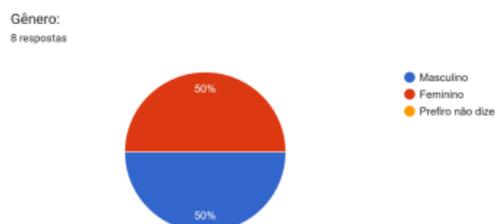
A presença das mulheres na Engenharia Civil ainda é reduzida em razão do preconceito, por se acreditar que a profissão é masculina. É justo dizer que os empregos no setor da construção civil ainda são vistos por muitos, como opções não tradicionais para as mulheres. Numerosas explicações podem ser oferecidas para essa discrepância, incluindo a falta de orientação/incentivo para as mulheres e as demandas femininas em manter um equilíbrio entre o trabalho e a vida familiar (SOUZA; TEIXEIRA e COSTA, 2020).

No Brasil, as mulheres representam apenas 20% do total de profissionais engenheiros cadastrados nos 27 Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA), segundo dados do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) divulgados em fevereiro de 2023, na qual, em uma sala de aula com 50 alunos apenas 5 eram mulheres. Cenário que não mudou muito, segundo o último Censo de Educação Superior, referente ao ano de 2021, apenas 36% dos alunos que concluíram o ensino superior nas áreas de engenharia, produção e construção eram do público feminino, de acordo com a divulgação do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (LUNARDELLI, 2023).

De acordo com os últimos dados do Painel da Relação Anual de informações Sociais (RAIS), do Ministério do Trabalho e Previdência (MTP), ano base de 2020, houve um aumento de 5,5% de cargos com assinada ocupados por mulheres. Um aumento de 205.033 postos de trabalho em 2019, para 216.330 em 2020. Conforme outra análise realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), observou-se um crescimento de 120% na participação feminina no setor da construção civil de 2007 a 2018 (HOFFMANN, 2022).

Já a partir do formulário realizado com engenheiros civis, obteve-se os seguintes resultados:

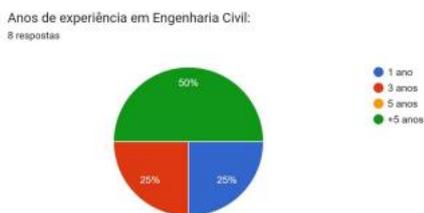
Figura 1. Gráfico da primeira pergunta



Fonte: Autores, 2024

Há uma distribuição igualitária (50% masculino e 50% feminino), indicando uma representação equilibrada de gênero entre os respondentes.

Figura 2. Gráfico da segunda pergunta

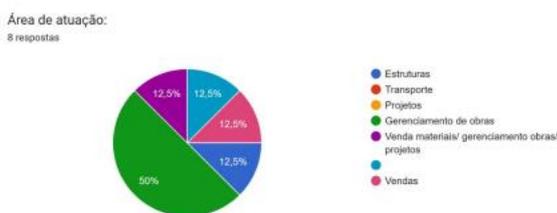


Fonte: Autores, 2024

A maior parte dos respondentes possuem mais de 5 anos de experiência, indicando um grupo com nível elevado de experiência na área.

A presença de 25% dos respondentes em cada uma das categorias de 1 e 3 anos sugere uma diversidade de níveis de experiência, com um equilíbrio entre profissionais menos e mais experientes.

Figura 3. Gráfico da terceira pergunta

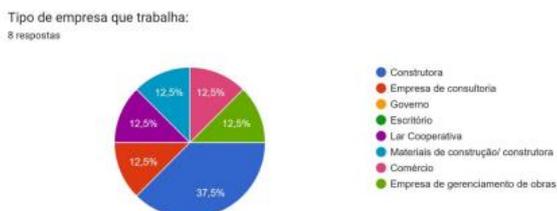


Fonte: Autores, 2024

A maioria dos respondentes (50%) está envolvida no gerenciamento de obras, indicando que esta é uma área predominante entre os participantes, onde 3, dos 4 respondentes, são mulheres. Isso pode sugerir uma forte demanda por habilidades e experiência nessa área específica.

Há uma distribuição relativamente equilibrada entre as outras áreas de atuação, cada uma com 12,5% dos respondentes. Isso mostra que, embora o gerenciamento de obras seja a área mais representada, há uma diversidade de especializações entre os respondentes.

Figura 4. Gráfico da quarta pergunta



Fonte: Autores, 2024

A ausência de respondentes na área de transporte pode indicar uma menor representação ou demanda por essa especialização entre os participantes da pesquisa.

A maioria dos respondentes (37,5%) trabalha em construtoras. Isso sugere que o setor de construção é o empregador dominante entre os participantes da pesquisa.

Embora as construtoras representem a maior parte, há uma distribuição diversificada entre outros tipos de empregadores, cada um com 12,5% dos respondentes. Isso inclui cooperativas, empresas de consultoria, empresas de materiais de construção, comércio e gerenciamento de obras.

A presença equilibrada de respondentes em setores menores (cada um com 12,5%) indica que há uma variedade de oportunidades de emprego além das grandes construtoras.

5- O que te motivou a se tornar engenheiro(a) civil?

“Maximizar o conhecimento na construção civil.”

“Área de atuação.”

“Cuidar de pessoas e suas famílias.”

“Uma área cheia de oportunidades.”

“Sonho de infância.”

“Sempre foi um sonho meu de criança pois sempre admirei a profissão e gostava de cálculos.”

“Foi algo natural, trabalhava na área semelhante antes de iniciar a faculdade, iniciei e dei sequência durante a graduação.”

Revela que os engenheiros civis são motivados por uma combinação de fatores pessoais e profissionais, com cada respondente trazendo sua própria perspectiva única sobre o que os levou a seguir essa carreira. Essa diversidade de motivações pode enriquecer a prática profissional e contribuir para uma abordagem mais holística e apaixonada na engenharia civil.

6- Quais foram os maiores desafios que você enfrentou ao iniciar sua carreira?

“Preconceito perante a idade.”

“Falta de conhecimento e prática.”

“Insegurança e dúvida, sobre o que era certo a se fazer.”

“Saber todo o desenvolvimento de uma obra.”

“Poucas oportunidades.”

“Não tive...ainda.”

“O preconceito por ser muito nova e ser mulher. Eu precisava convencer as pessoas de que era uma boa profissional e de confiança.”

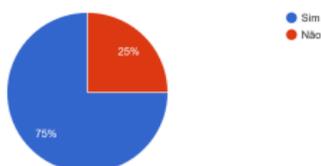
“Lidar com o gerenciamento das equipes internas em

obra.”

Fornecer uma visão abrangente dos diferentes desafios enfrentados pelos engenheiros civis ao início de suas carreiras, evidenciando a necessidade de abordar preconceitos, fortalecer a formação técnica, melhorar oportunidades de emprego e desenvolver habilidades de gestão.

Figura 5. Gráfico da sétima pergunta

Se é mulher, já sentiu que foi discriminada em sua área de atuação?  
4 respostas



Fonte: Autores, 2024

A maioria significativa (75%) das respondentes sentiram que foram discriminadas em sua área de atuação. Isso sugere que a discriminação de gênero é um problema prevalente e significativo na engenharia civil e áreas relacionadas.

Embora a minoria (25%) das respondentes não tenha sentido discriminação, este grupo menor destaca que existem ambientes e situações em que a discriminação pode ser menos evidente ou ausente.

Os dados indicam uma necessidade urgente de intervenções e políticas para combater a discriminação de gênero no local de trabalho. Isso pode incluir treinamento sobre preconceito inconsciente, políticas de diversidade e inclusão mais robustas, e apoio para mulheres na engenharia civil.

8- Se sim, de que forma?

“Tratamentos desrespeitosos, como assédios.”

“Me pediram se eu realmente pisava no barro ou só ficava no escritório para não sujar a sandália. Sempre pediam a opinião de um engenheiro homem e mais velho além da minha.”

“Parecendo que eu era inferior a outros funcionários seja engenheiro, ou encarregado homem em obra, justamente por trabalhar em canteiro de obras.”

Isso fornece uma visão profunda sobre as diversas formas de discriminação que as mulheres enfrentam na engenharia civil, sublinhando a importância de ações contínuas para promover a equidade de gênero na profissão.

9- Você teve que provar as suas habilidades como

engenheira civil por ser mulher? Como?

“Com certeza, no início mais e hoje menos, mas sempre há a necessidade dependendo do tipo de pessoa que você se depara nas discussões do dia a dia. Mas tive que me posicionar e ser firme muitas vezes, sempre argumentando com base em normativas e tentando provar que o que eu estava dizendo que precisava era algo obrigatório. Muitas vezes tive que assumir discussões pesadas para poder deixar claro o meu parecer técnico e para que fosse aceito. Até que um dia aconteceu o que eu disse que ia acontecer e não me ouviram, aí depois disso tudo mudou.”

“Sim, dentro do mercado de trabalho, por mais que as pessoas citam que hoje a mulher está na ativa e participante, dentro da obra, em pequenas e grandes atividades, sempre existem questionamentos no serviço ao que uma mulher está executando/gerenciando e a forma de como é conduzida a situação.”

As respostas indicam que a necessidade de provar habilidades é mais intensa no início da carreira, mas continua ao longo do tempo, dependendo das situações e das pessoas envolvidas.

10- Como você descreveria a cultura da sua empresa em relação a presença de mulheres?

“Qualidade é dinheiro, independente de gênero ou cor!”

“Ótima, porém dificilmente temos contato com profissionais femininas.”

“Respeitosa e valorosa. De forma a valorizar a mulher e a linha de pensamento dela.”

“Tem uma boa aceitação.”

“Na empresa que trabalho é gerenciada por uma mulher. Então normalmente não tenho dificuldades com relação a isso, mas nas obras que gerencio e trabalho ocorrem situações de questionamento a respeito de meu conhecimento.”

A primeira resposta sugere que a empresa valorize a qualidade do trabalho acima de questões de gênero e cor, promovendo um ambiente meritocrático. A segunda resposta aponta para uma ótima cultura, mas com pouca presença feminina, indicando a necessidade de estratégias para aumentar a representação de mulheres na empresa.

A terceira destaca um ambiente de respeito e valorização, indicando uma cultura positiva.

A quarta sugere uma boa aceitação das mulheres na empresa, promovendo um ambiente inclusivo.

A quinta mostra que a presença de liderança feminina facilita a igualdade dentro da empresa, mas ainda existem desafios de aceitação e reconhecimento no campo, destacando uma disparidade entre

ambientes corporativos e de obras.

11- Você recomendaria a engenharia civil para outras mulheres? Por quê?

“Sim, é uma área ainda muito a ser explorada.”

“Recomendaria, acredito que a capacidade de organização e gerenciamento é feita melhor por mulheres, logo teriam destaque em diversos aspectos da profissão.”

“Sim, por mais que seja uma área grandemente ocupada por homens, existem coisas que uma mulher tem mais facilidade para resolver e analisar.” “Sim.”

“Com certeza. Quem tem esse sonho tem que ir atrás e buscar. É muito satisfatório você ver aquilo que estava no papel sendo materializado e ainda participar de tudo isso, fazer aquilo acontecer. Passar na frente de uma obra e ter o sentimento de orgulho por ter participado daquele projeto/obra.”

“Recomendaria, pois é uma profissão muito interessante, mas acredito que ao escolher e continuar no curso, é necessário se envolver e gostar daquilo que está fazendo, pois acredito que em todas as profissões existem dificuldades.”

As respostas indicam que a engenharia civil pode ser uma carreira altamente recomendável para mulheres, com oportunidades de crescimento, reconhecimento e realização pessoal.

Fornecer apoio e mentoria para mulheres na engenharia civil pode ajudar a destacar suas habilidades organizacionais e de gerenciamento, bem como a resolver desafios específicos do campo

12- Quais são os maiores desafios que você enfrenta no seu dia a dia de trabalho?

“Lidar com prazos e pessoas.”

“As responsabilidades administrativas das obras.”

“Por enquanto, nenhum.”

“Não tenho.”

“O mercado da engenharia civil mudou muito nos últimos 10 anos, a procura pelo curso diminuiu e com isso os profissionais que estão se formando também, e as empresas acabam sentindo isso nas entrevistas. Aparecem poucos candidatos e com pouca ou nenhuma experiência.”

“Trabalho com o gerenciamento de obras, hoje na parte de fiscalização, mas já trabalhei no setor e execução e acredito que em ambos, uma das maiores dificuldades é encaixar todas as equipes, fornecedores e prazos para que tudo saia conforme planejado, pois no setor de obras temos muitas adversidades que ocorrem ao longo de todas as etapas de execução.”

Estas respostas nos fornecem uma visão abrangente dos desafios enfrentados no dia a dia pelos engenheiros civis, destacando tanto questões micro,

como a gestão de pessoas e prazos, quanto questões macro, como mudanças no mercado de trabalho.

13- Há algo a mais que você gostaria de adicionar sobre sua experiência na profissão?

“Calma e tranquilidade, principalmente disciplina, pois é necessário para lidar com uma geração que geralmente não aceita os mais novos como líderes ou chefes.”

“Não.”

“Não.”

“Sejam persistentes, estudem, aproveitem o conhecimento e a experiência compartilhada no período da faculdade. Façam estágio o mais cedo possível e quando pensar que está difícil, continue, não desista. No final sempre vale a pena para quem se dedica e leva a sério.”

## CONCLUSÕES

Para as engenheiras, crescem-se situações explícitas de discriminação e de violência nos locais de trabalho, dirigidas especificamente ao sexo feminino. É assim que as engenheiras são recorrentemente depreciadas na sua capacidade técnica, o que as faz trabalhar mais do que os engenheiros e aceitar todo tipo de desafio para provar que elas “dão conta” e permanecer na profissão. É assim também que as engenheiras desconsideram a sua gravidez e o direito ao período de licença maternidade e continuam trabalhando normalmente, em canteiros, escritórios, em casa, não raro levando o recém-nascido com elas para as obras. É assim também que elas devem se mostrar sempre discretas, afáveis e boas ouvintes, colaboradoras e compreensivas, dando apoio aos engenheiros, sabendo dosar firmeza com suavidade. Caso contrário, elas serão alvo de comentários machistas e preconceituosos, cujo foco tende a ser a sexualidade e a feminilidade (LOMBARDI, 2017).

A participação feminina na engenharia civil está crescendo, mas ainda há um longo caminho a ser percorrido para alcançar a equidade de gênero. É fundamental combater a discriminação, promover a igualdade de oportunidades e investir no desenvolvimento profissional das mulheres para que elas possam alcançar todo o seu potencial na engenharia civil. É uma profissão desafiadora, mas também gratificante, que oferece diversas oportunidades para mulheres que desejam fazer a diferença no mundo.

Com isso, há algumas implicações, como a necessidade de políticas públicas e iniciativas privadas para promover a igualdade de gênero;

aumento da representatividade feminina em cargos de liderança e tomada de decisões; implementações de mentorias e apoio para as mulheres; promoção de uma cultura de inclusão e respeito a diversidade, que ao tomarmos essas medidas, podemos criar um ambiente mais justo e apropriado para todos os profissionais de engenharia civil, independentemente de gênero.

## REFERÊNCIAS

LUNARDELLI, Paula; Mês da mulher na construção civil: CEO fala sobre os desafios, igualdade e inovação. Disponível em: < Mês da mulher na construção civil: CEO fala sobre os desafios, igualdade e inovação - Economia SC >. Acesso em: 29/05/2024.

LOMBARDI, Maria Rosa; Engenheiras na construção civil: a feminização possível e a discriminação de gênero. Disponível em: <SciELO - Brasil - Engenheiras na construção civil: a feminização possível e a discriminação de gênero>. Acesso em: 09/05/2024..

HOFFMANN, Grazielle; Mulheres na construção civil: confira dados e estatísticas. Disponível em: <Mulheres na construção civil: confira dados e estatísticas (sienge.com.br)>. Acesso em: 22/05/2024.

SOUZA, Jaqueline; TEIXEIRA, Raiany Ribeiro; COSTA, Bárbara Pergher Dala; Preconceito com a mulher na engenharia civil. Disponível em: <Caderno-de Resumos-2020---XIII-Encontro-de-Iniciação-Científica[1].pdf> p. 148. Acesso em: 29/05/2024.

BAHIA, Mônica M; LAUDARES, João B; A participação da mulher em áreas específicas da engenharia. 2012.



**IGUAZU**  
**SCIENCE**