

Organizadores  
Guilherme Antônio Lopes de Oliveira  
Maria dos Remédios Magalhães Santos  
Marcílio Gonçalves de Farias Pereira

# engenharia CIVIL

INSTRUMENTO DE  
DESENVOLVIMENTO SOCIAL,  
AMBIENTAL E TECNOLÓGICO

Volume 3



INOVAR

**ENGENHARIA CIVIL: INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO  
SOCIAL, AMBIENTAL E TECNOLÓGICO**

Volume 3



Guilherme Antônio Lopes de Oliveira  
Maria dos Remédios Magalhães Santos  
Marcílio Gonçalves de Farias Pereira  
(Organizadores)

**ENGENHARIA CIVIL: INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO  
SOCIAL, AMBIENTAL E TECNOLÓGICO**

Volume 3

MATO GROSSO DO SUL  
EDITORA INOVAR  
2025

**Copyright © dos autores.**

Todos os direitos garantidos. Este é um livro publicado em acesso aberto, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons



**Editora-chefe:** Liliane Pereira de Souza

**Diagramação:** Vanessa Lara D Alessia Conegero

**Capa:** Juliana Pinheiro de Souza

**Revisão de texto:** Os autores

**Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alexsande de Oliveira Franco

Profa. Dra. Aldenora Maria Ximenes Rodrigues

Prof. Dr. Arlindo Costa

Profa. Dra. Care Cristiane Hammes

Profa. Dra. Carla Araújo Bastos Teixeira

Prof. Dr. Carlos Eduardo Oliveira Dias

Prof. Dr. Claudio Neves Lopes

Profa. Dra. Dayse Marinho Martins

Profa. Dra. Débora Luana Ribeiro Pessoa

Profa. Dra. Elane da Silva Barbosa

Prof. Dr. Francisco das Chagas de Loliola Sousa

Prof. Dr. Gabriel Mauriz de Moura Rocha

Profa. Dra. Geyanna Dolores Lopes Nunes

Prof. Dr. Guilherme Antônio Lopes de Oliveira

Profa. Dra. Ivonalda Brito de Almeida Morais

Profa. Dra. Janine Silva Ribeiro Godoy

Prof. Dr. João Vitor Teodoro

Profa. Dra. Juliani Borchardt da Silva

Prof. Dr. Leonardo Jensen Ribeiro

Profa. Dra. Lina Raquel Santos Araujo

Prof. Dr. Márcio Mota Pereira

Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos

Prof. Dr. Marcus Vinicius Peralva Santos

Profa. Dra. Nayára Bezerra Carvalho

Profa. Dra. Roberta Oliveira Lima

Profa. Dra. Rúbia Kátia Azevedo Montenegro

Profa. Dra. Susana Copertari

Profa. Dra. Susana Schneid Scherer

Prof. Dr. Sílvio César Lopes da Silva

---

*Este livro passou por avaliação e aprovação às cegas de dois ou mais pareceristas ad hoc.*

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**(BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)**

E57

1.ed.

Engenharia civil [livro eletrônico] : instrumento de desenvolvimento social, ambiental e tecnológico, vol. 3 / organizadores Guilherme Antônio Lopes de Oliveira, Maria dos Remédios Magalhães Santos, Marcílio Gonçalves de Farias Pereira.  
– 1.ed. – Campo Grande, MS : Editora Inovar, 2025. 328 p.; PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5388-318-5

DOI [10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5)

1. Engenharia civil. I. Oliveira, Guilherme Antônio Lopes de. II. Santos, Maria dos Remédios. Magalhães. III. Pereira, Marcílio Gonçalves de Farias.

06-2025/32

CDD 620

**Índice para catálogo sistemático:**

1. Engenharia civil 620

**Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária - CRB-1/3129**



## **DECLARAÇÃO DOS AUTORES**

Os autores desta obra assumem publicamente a responsabilidade pelo seu conteúdo, garantindo que o mesmo é de autoria própria, original e livre de plágio acadêmico. Os autores declaram, ainda, que o conteúdo não infringe nenhum direito de propriedade intelectual de terceiros e que não há nenhuma irregularidade que comprometa a integridade da obra. Os autores assumem integral responsabilidade diante de terceiros, quer de natureza moral ou patrimonial, em razão do conteúdo desta obra. Esta declaração tem por objetivo garantir a transparência e a ética na produção e divulgação do livro. Cumpre esclarecer que o conteúdo é de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião da editora, organizadores da obra ou do conselho editorial.

## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o terceiro volume do livro *“ENGENHARIA CIVIL: INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL, AMBIENTAL E TECNOLÓGICO”*, reafirmando nosso compromisso em fomentar a produção e a divulgação do conhecimento técnico-científico na área da engenharia civil.

Nesta nova edição, seguimos com o propósito de reunir e tornar acessíveis estudos e pesquisas que dialogam com os desafios contemporâneos enfrentados por profissionais e estudantes da área, bem como por pesquisadores de campos correlatos. Os artigos aqui selecionados contemplam diferentes abordagens — teóricas, empíricas, experimentais e aplicadas — que aprofundam o debate sobre a contribuição da engenharia civil para o desenvolvimento sustentável, a inovação tecnológica e a transformação social.

Ao longo dos capítulos, o leitor encontrará reflexões que ampliam a compreensão sobre a complexidade e a interdisciplinaridade inerentes ao campo da engenharia civil, valorizando práticas e saberes que visam à melhoria da qualidade de vida, à preservação ambiental e à construção de soluções criativas e responsáveis.

Este volume dá continuidade à trajetória iniciada nas edições anteriores, fortalecendo a relevância da engenharia civil como campo estratégico para o progresso humano e para o enfrentamento das demandas emergentes da sociedade contemporânea.

Agradecemos aos autores e autoras que, com dedicação e excelência, contribuíram para a concretização desta obra. Que esta leitura inspire novas pesquisas, colaborações e ações transformadoras no ensino, na extensão e na prática profissional.

Boa leitura!

*Organizadores*

**Prof. Dr. Guilherme Antônio Lopes de Oliveira**  
**Profa. Ma. Maria dos Remédios Magalhães Santos**  
**Prof. Me. Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1** **13** **A EVOLUÇÃO DA NBR 6118: REVISÃO COMPARATIVA ENTRE AS VERSÕES DE 2014 E 2023**

*Emerson Henrique Magalhães Silva*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

*Ana Raquel Silva Melo*

*Natanael Souza Mendes*

*Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos*

*Domingos Sávio do Nascimento*

*Wanderson Rocha Carvalho*

*Maysa Memória Martins*

*Gildene Fortes de Meneses Machado*

*Neirigelson Ferreira de Barros Leite*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_001](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_001)

### **CAPÍTULO 2** **31** **A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE DEFLEXÃO EM VIGAS, PARA ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO**

*João Gabriel de Moraes Oliveira*

*Natanael Souza Mendes*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

*Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos*

*Laysa Cruz Machado*

*Flaviano Ferreira de Araújo*

*Gildene Fortes de Meneses Machado*

*Maria dos Remédios Magalhães*

*Neirigelson Ferreira de Barros Leite*

*Wanderson Rocha Carvalho*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_002](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_002)

### **CAPÍTULO 3** **43** **A INFLUÊNCIA DO ACOMPANHAMENTO DO ENGENHEIRO CIVIL NA QUALIDADE E EFICIÊNCIA DAS OBRAS: UM ESTUDO TÉCNICO COMPARATIVO ENTRE OBRAS COM E SEM SUPERVISÃO TÉCNICA EM MUNICÍPIOS DO INTERIOR DO PIAUÍ**

*Adrian de Oliveira Melo*

*Chagas Vinicius de Matos Andrade Silva*

*Laysa Cruz Machado*  
*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*  
*Dirceu do Nascimento Martins Júnior*  
*Guilherme de Carvalho Amaral*  
*Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos*  
*Marcos Vinícius Lopes dos Santos*  
*Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva*  
*Rhuan Petrovisk Silva Medeiros*  
[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_003](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_003)

**CAPÍTULO 4** **66**  
**ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA DE  
DOIS TIPOS DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO: UM ESTUDO DE  
CASO EM PIRACURUCA-PI**

*Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior*  
*Shayanne Pereira Sampaio*  
*Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos*  
*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*  
*Marcos Vinícius Lopes dos Santos*  
*Antônio Estevam da Costa Neto*  
*Domingos do Nascimento Sávio*  
*Maysa Memória Martins*  
*Amanda Héllen de Sousa Amaral*  
*Natanael Souza Mendes*  
[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_004](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_004)

**CAPÍTULO 5** **90**  
**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EDIFICAÇÕES TÉRREAS E COM  
PAVIMENTOS: UM ESTUDO DE CASO DAS MANIFESTAÇÕES PA-  
TOLÓGICAS EM RESIDÊNCIAS**

*Anna Thalyta Melo Gomes*  
*Antônio Carvalho de Araújo*  
*Elias Lima de Menezes Neto*  
*Jaqueline Passos dos Santos*  
*Leonardo da Silva Mesquita*  
*Victor Santos Silva*  
*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*  
*Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva*



*Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos*  
*Amanda Héllen de Sousa Amaral*  
[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_005](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_005)

## **CAPÍTULO 6**

**106**

### **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA EMPRESA DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NO TERRITÓRIO DOS COCAIS**

*Guilherme de Carvalho Amaral*  
*José Elismar do Nascimento Neto*  
*Natanael Souza Mendes*  
*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*  
*Marcos Vinícius Lopes dos Santos*  
*Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior*  
*Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos*  
*Maysa Memória Martins*  
*Domingos Sávio do Nascimento*  
*Maria dos Remédios Magalhães*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_006](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_006)

## **CAPÍTULO 7**

**129**

### **COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE PAINÉIS MONOLÍTICOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E ALVENARIA TRADICIONAL EM HABITAÇÕES RESIDENCIAIS**

*Antônio Estevam da Costa Neto*  
*Marcos Vinícius Lopes dos Santos*  
*Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos*  
*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*  
*Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior*  
*Dirceu do Nascimento Martins Júnior*  
*João Gustavo Alves Oliveira*  
*João Vinícius Silva Gomes*  
*Natanael Souza Mendes*  
*Rhuan Petrovisk Silva Medeiros*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_007](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_007)

## **CAPÍTULO 8**

**166**

### **COMPARAÇÃO ENTRE STEEL FRAME E ALVENARIA ESTRUTURAL: UMA ANÁLISE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS NA ENGENHARIA CIVIL**

*Pedro Eduardo Simão Bezerra*

*Gildene Fortes de Meneses Machado*

*Maria dos Remédios Magalhães*

*Maysa Memória Martins*

*Domingos Sávio do Nascimento*

*Ana Raquel Silva Melo*

*Neirigelson Ferreira de Barros Leite*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

*Natanael Souza Mendes*

*Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_008](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_008)

## **CAPÍTULO 9**

**181**

### **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM A METODOLOGIA BIM: UM ENFOQUE GERAL NA INTEGRAÇÃO DE DISCIPLINAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

*Anna Thalyta Melo Gomes*

*Jaqueline Passos dos Santos*

*Laysa Cruz Machado*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

*Maysa Memória Martins*

*Ivonalda Brito de Almeida Moraes*

*Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos*

*Amanda Héllen de Sousa Amaral*

*João de Deus Carvalho Filho*

*Lucélia Keila Bitencourt Gomes*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_009](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_009)

## **CAPÍTULO 10**

**193**

### **DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL I: PRÁTICAS PEDAGÓGICAS INOVADORAS PARA FACILITAR O APRENDIZADO**

*Diego Damasceno Lustosa*

*Gildene Fortes de Meneses Machado*

*Flaviano Ferreira de Araújo*

Marcílio Gonçalves de Farias Pereira  
Natanael Souza Mendes  
Ivonalda Brito de Almeida Moraes  
Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos  
João de Deus Carvalho Filho  
Lucélia Keila Bitencourt Gomes  
Domingos Sávio do Nascimento  
[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_010](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_010)

**CAPÍTULO 11** **210**  
**DESAFIOS NA LOGÍSTICA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS  
DA CONSTRUÇÃO CIVIL, COM ENFOQUE NO TERRITÓRIO DOS  
COCAIS DO PIAUÍ**

Dirceu do Nascimento Martins Júnior  
João Vinícius Silva Gomes  
Marcílio Gonçalves de Farias Pereira  
Adrian de Oliveira Melo  
Ana Beatriz Andrade de Sousa  
Antônio Estevam da Costa Neto  
Chagas Vinicius de Matos Andrade Silva  
Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos  
Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva  
Rhuant Petrovick Silva Medeiros  
[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_011](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_011)

**CAPÍTULO 12** **250**  
**ENERGIA RENOVÁVEL, LIMPA E SUSTENTÁVEL COMO INSTRU-  
MENTO DE DESENVOLVIMENTO: POTENCIAIS E PERSPECTIVAS  
NO ESTADO DO PIAUÍ**

Ana Beatriz Andrade de Sousa  
Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva  
Marcílio Gonçalves de Farias Pereira  
Ivonalda Brito de Almeida Moraes  
Adrian de Oliveira Melo  
Chagas Vinicius de Matos Andrade Silva  
Shayanne Pereira Sampaio  
Dirceu do Nascimento Martins Júnior  
João Vinícius Silva Gomes  
Wanderson Rocha Carvalho  
[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_012](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_012)

## **CAPÍTULO 13**

**286**

### **REFORÇO ESTRUTURAL COM USO DE MATERIAIS COMPÓSITOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA COMPARATIVA NA REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS**

*Rhuan Petrovisk Silva Medeiros*

*João Gustavo Alves Oliveira*

*Laysa Cruz Machado*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

*Marcos Vinícius Lopes dos Santos*

*Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior*

*Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva*

*Ivonalda Brito de Almeida Moraes*

*Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos*

*Gildene Fortes de Meneses Machado*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_013](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_013)

## **CAPÍTULO 14**

**306**

### **SUSTENTABILIDADE NO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E DESAFIOS**

*Caio Rhavel da Silva Amorim*

*Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

*Guilherme de Carvalho Amaral*

*Amanda Héllen de Sousa Amaral*

*João de Deus Carvalho Filho*

*Neirigelson Ferreira de Barros Leite*

*Maria dos Remédios Magalhães*

*Domingos Sávio do Nascimento*

*Wanderson Rocha Carvalho*

[doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5\\_014](https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-5388-318-5_014)

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**323**

*Guilherme Antônio Lopes de Oliveira*

*Maria dos Remédios Magalhães Santos*

*Marcílio Gonçalves de Farias Pereira*

## **ÍNDICE REMISSIVO**

**327**

## CAPÍTULO 1

### A EVOLUÇÃO DA NBR 6118: REVISÃO COMPARATIVA ENTRE AS VERSÕES DE 2014 E 2023

#### *THE EVOLUTION OF NBR 6118: COMPARATIVE REVIEW BETWEEN THE 2014 AND 2023 VERSIONS*

##### **Emerson Henrique Magalhães Silva**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0005-4766-8483>  
[e.h998430636@gmail.com](mailto:e.h998430636@gmail.com)

##### **Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

##### **Ana Raquel Silva Melo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-00017581-6010>  
[anarakelmelo@hotmail.com](mailto:anarakelmelo@hotmail.com)

##### **Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>  
[natanael\\_mendes2@gmail.com](mailto:natanael_mendes2@gmail.com)

##### **Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>  
[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Domingos Sávio do Nascimento**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-8580-8783>

[saviomatem@yahoo.com.br](mailto:saviomatem@yahoo.com.br)

**Wanderson Rocha Carvalho**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-5278-1329>

[wanderson\\_vitoria2010@hotmail.com](mailto:wanderson_vitoria2010@hotmail.com)

**Maysa Memória Martins**

Christus Faculdade do Piauí

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-0964-7700>

[maysa\\_memoria@hotmail.com](mailto:maysa_memoria@hotmail.com)

**Gildene Fortes de Meneses Machado**

Christus Faculdade do Piauí

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-0319-183X>

[gildenemeneses@yahoo.com.br](mailto:gildenemeneses@yahoo.com.br)

**Neirigelson Ferreira de Barros Leite**

Christus Faculdade do Piauí

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-6505-1368>

[neirigelson@chrisfapi.com.br](mailto:neirigelson@chrisfapi.com.br)

**RESUMO**

A NBR 6118, que estabelece os requisitos para o Projeto de Estruturas de Concreto, passou por uma importante revisão entre 2014 e 2023. Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre essas duas versões, destacando as principais modificações e seus impactos na prática da engenharia civil. A versão de 2023 apresenta



atualizações significativas, incluindo a revisão de normas de dimensionamento, novas diretrizes sobre durabilidade e resistência dos materiais, além de ajustes na metodologia de cálculo estrutural. As mudanças buscam aprimorar a segurança e a eficiência das construções, alinhando a norma brasileira aos padrões internacionais. A introdução de novos conceitos e tecnologias, como o uso de concretos especiais e sistemas construtivos inovadores, também são aspectos importantes dessa revisão. A comparação entre as versões de 2014 e 2023 visa analisar os avanços técnicos, as implicações práticas para os projetos e os desafios de adaptação às novas exigências. Este estudo contribui para a compreensão das modificações e orienta profissionais da área a aplicar corretamente as novas diretrizes para garantir a qualidade e a segurança das estruturas de concreto.

**Palavras-chave:** Estruturas de Concreto Armado; NBR 6118; Evolução; Comparação.

## ABSTRACT

NBR 6118, which establishes the requirements for the Design of Concrete Structures, underwent a major revision between 2014 and 2023. This paper aims to perform a comparative analysis between these two versions, highlighting the main modifications and their impacts on civil engineering practice. The 2023 version presents significant updates, including the revision of sizing standards, new guidelines on durability and resistance of materials, and adjustments to the structural calculation methodology. The changes aim to improve the safety and efficiency of constructions, aligning the Brazilian standard with international standards. The introduction of new concepts and technologies, such as the use of special concretes and innovative construction systems, are also important aspects of this revision. The comparison between the 2014 and 2023 versions aims to analyze the technical advances, the practical implications for projects, and the challenges of adapting to the new requirements. This study contributes to the understanding of the modifications and guides professionals in the field to correctly apply the new guidelines to ensure the quality and safety of concrete structures.

**Keywords:** Reinforced Concrete Structures; NBR 6118; Evolution; Comparison.

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil se tornou, nos primórdios, um dos principais conhecimentos necessários para o desenvolvimento humano, pois, através dela, foram desenvolvidos meios e métodos eficientes e eficazes para a realização das mais diversas obras e monumentos construtivos. A engenharia civil pode ser definida como uma área do saber e fazer humano que, valendo-se dos princípios fundamentais das ciências e da tecnologia, planeja, projeta, fabrica e constrói, fornecendo à humanidade bem-estar, conforto e segurança (Queiroz, 2019).

O termo “engenheiro” surgiu no século XVI. Essa denominação se dava aos responsáveis que cuidavam do engenho. O conceito de engenho vem das máquinas utilizadas nas guerras, como, por exemplo, balistas e catapultas. A palavra “engenho” tem origem no termo grego *ingenium*, que significa “gênio”. Desse modo, aqueles que cuidavam do engenho eram caracterizados como indivíduos astutos e habilidosos. O engenheiro precisa ser um profissional coerente, ter técnica, criatividade, ter uma atuação crítica e ter sempre ética para avaliar bem os danos que uma obra possa vir a causar ao meio ambiente (Da Silva Filho, Nivaldo Gomes, 2011).

Um dos primeiros e maiores exemplos do âmbito civil da engenharia data do século XXVII a.C., realizado por Imhotep, arquiteto do faraó Djoser. Imhotep projetou e supervisionou a construção da Pirâmide de Djoser, uma edificação de 62 metros de altura, considerada por muitos arqueólogos como a primeira pirâmide do Egito. Imhotep, amplamente reconhecido como um dos primeiros engenheiros e arquitetos da história, elevou o conhecimento construtivo do Egito Antigo ao projetar a Pirâmide de Djoser, que não só serviu como um marco arquitetônico, mas também como um avanço na organização de grandes obras em pedra (Lehner, 1997).

Em busca de maior aprimoramento humano e com o auxílio da tecnologia, surgiu a necessidade e a realização de aperfeiçoamentos e estudos ao longo dos anos, com o objetivo de ampliar e melhorar as formas de aplicação das teorias, de modo a proporcionar segurança aos usuários. Com os avanços tecnológicos e implementações de seguranças, a engenharia se modificou de maneira que sua utilização se

tornasse regrada e concisa, visto a enorme proporção que a engenharia e seus conceitos tomaram.

Em 28 de setembro de 1940, o Governo Federal Brasileiro, juntamente com profissionais da engenharia, instituiu a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), cuja finalidade é padronizar técnicas e regras para a produção, comercialização e uso de bens e serviços no Brasil. Para a ABNT, a normalização é o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados. Já as normas são tidas como documentos estabelecidos por consenso e aprovados por um organismo reconhecido, que fornecem regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto (ABNT, 2014).

Dessa maneira, o desenvolvimento de normas técnicas é crucial para a segurança e a qualidade das construções civis, especialmente em estruturas de concreto armado. Em 1849, Joseph Monier foi o pioneiro no uso do concreto armado, sendo o primeiro a experimentar a união dos materiais que o compõem. O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita). O concreto pode também conter adições e aditivos químicos, com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas.

Por outro lado, suas características de fragilidade e baixa resistência à tração restringem seu uso isolado em elementos submetidos, totalmente ou parcialmente, à tração. Para contornar essas limitações, o aço é empregado em conjunto com o concreto e, convenientemente, posicionado na peça, de modo a resistir às tensões de tração. O conjunto de barras de aço forma a armadura, que, envolvida pelo concreto, origina o concreto armado (Bastos, 2011).

Dessa forma, o estudo apresenta, definitivamente, uma análise comparativa entre a NBR 6118:2014 e sua versão revisada de 2023, destacando as principais modificações introduzidas na norma brasileira que rege os projetos de estruturas de concreto armado. A comparação visa não apenas elencar as mudanças, mas também compreender seus impactos práticos na engenharia civil, especialmente na fase de projeto, detalhamento e execução de estruturas.

Para tanto, o artigo está estruturado de forma lógica e didática, iniciando-se por esta introdução e fundamentando-se em uma revisão bibliográfica, entendida como referencial teórico, que busca subsidiar o problema levantado e as hipóteses formuladas. Não obstante a isso, os objetivos, gerais e específicos, ficam evidenciados e foram alcançados a partir de uma metodologia traçada com tal visão estratégica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Norma Brasileira NBR 6118, intitulada “Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento”, é o principal documento técnico que rege o projeto de estruturas de concreto armado e protendido no Brasil. Publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ela estabelece os critérios de segurança, funcionalidade e durabilidade das estruturas, baseando-se em fundamentos científicos e práticos da engenharia estrutural. Desde sua primeira publicação, em 1940, a norma passou por sucessivas revisões, com o objetivo de incorporar avanços tecnológicos, inovações científicas e mudanças no cenário construtivo nacional (ABNT, 2014).

A versão de 2014 representou uma consolidação significativa de conceitos estruturais, principalmente ao reforçar a abordagem baseada nos Estados Limites Últimos (ELU) e Estados Limites de Serviço (ELS). Essa versão introduziu critérios mais rigorosos de durabilidade, controle da fissuração e detalhamento estrutural, além de maior alinhamento com normas internacionais, como o Eurocode 2 (CEN, 2004), adotado na Europa. Além disso, foram aprimorados critérios relacionados às ações, como o vento e o peso próprio, bem como parâmetros de dimensionamento e detalhamento de elementos como vigas, pilares e fundações (ABNT, 2014; Helene; Pereira, 2015).

Com os avanços da engenharia estrutural e a crescente demanda por desempenho, segurança e sustentabilidade, a nova revisão da norma publicada em 2023 se tornou necessária. A NBR 6118:2023 incorporou modificações que refletem o estado atual da técnica, incluindo alterações importantes nos critérios de dimensionamento de pilares curtos e esbeltos, revisões em coeficientes de ponderação e recomendações ampliadas para estruturas sujeitas a ambientes

agressivos. Além disso, há uma ênfase maior em ações dinâmicas, como as sísmicas, e maior detalhamento em verificações relacionadas ao comportamento não linear do concreto (ABNT, 2023).

A expansão da engenharia civil moderna possibilitou a inclusão do concreto armado nas construções, tornando-o um dos materiais mais consumidos e utilizados globalmente. Essa popularidade está relacionada à sua alta demanda, devido ao seu potencial em projetos de diferentes escalas, desde os mais simples até os mais complexos. No entanto, é importante ressaltar que a utilização do concreto armado sem a devida atenção pode resultar em problemas patológicos, consequência de má execução ou de materiais de qualidade inferior em qualquer tipo de projeto de engenharia civil (Inojosa; Buzar; Pantoja, 2021).

Podemos identificar as principais características das estruturas de concreto armado, ou seja, o concreto e a armadura agindo em harmonia devido à aderência e à possibilidade de surgimento de fissuras no concreto. Esses dois princípios fundamentais sempre estarão presentes nas discussões e considerações sobre detalhamento. Para fins estruturais, o concreto, isoladamente, não é adequado como elemento resistente, pois, apesar de apresentar boa resistência à compressão, sua capacidade de resistir à tração é bastante limitada, sendo aproximadamente 1/10 da resistência à compressão. Essa situação é comum em estruturas de edificações, exemplificada em elementos fletidos, nos quais, em uma mesma seção transversal, coexistem tensões de compressão e tração (Bastos, 2011).

Dada a complexidade da engenharia e do concreto armado, foram desenvolvidas normas específicas. Paulo Sá foi um dos responsáveis por essa iniciativa, que resultou na criação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma NB-1/40 foi aprovada com base na norma alemã DIN-1045, a qual trata do cálculo da resistência dos pilares à compressão axial, fundamentada no seu nível III, que se refere à verificação da resistência à flexão. No ano em que a norma foi lançada, uma série de dados estatísticos sobre coeficientes de segurança foi incorporada, estabelecendo critérios básicos para o projeto de concreto armado no Brasil, durante a década do seu lançamento (NB-1, 1940).

A norma ABNT NBR 6118:1980 aborda considerações fundamentais para o uso do concreto armado, que devem ser devidamente

orientadas na elaboração de projetos de construção civil, excluindo-se os projetos de concreto leve e especial. O propósito é atender a todas as exigências específicas conforme cada situação, levando em conta as inovações no campo do estudo estrutural (ABNT NBR 6118, 1980).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a NBR 6118/2003 estabelece as características das versões anteriores, visando fornecer critérios gerais para o concreto armado e incorporando conceitos de outras NBRs. Nesse cenário, projetos de grande envergadura, como edifícios altos, aeroportos, pontes e portos industriais, foram revisados para atualizar os modelos não lineares, assim como os princípios de durabilidade e segurança das estruturas.

Por sua vez, a ABNT/NBR 6118:2014 tem como fundamento conceitual a contribuição nos aspectos de durabilidade e segurança estrutural, alinhando aos parâmetros internacionais, incluindo revisões nos cálculos estruturais para maior precisão. Da mesma forma pode ser tratada como uma norma de ensaio, uma vez que estabelece métodos para determinar o módulo de elasticidade estático do concreto, trazendo assim maior detalhamento sobre detalhamento e durabilidade da vida útil das estruturas de concreto armado.

Em comparação com a norma de 2014, a ABNT/NBR 6118:2023 reflete avanços importantes nos aspectos tecnológicos, aborda novas práticas e converge ainda mais com normas internacionais. Vale ressaltar que a norma está estruturada de modo a permitir ampliações futuras e a integração com outras normas correlatas, representando, assim, uma evolução significativa, com maior coerência técnica e adequação às demandas da realidade atual da engenharia, além de promover melhorias na segurança e durabilidade das estruturas.

O Quadro 01 apresenta uma breve descrição, em uma linha do tempo que vai desde o surgimento, em 1940, até a norma atualmente vigente.

#### **Quadro 01 – Evolução Histórica da Norma ABNT NBR 6118 para Estruturas de Concreto Armado no Brasil**

| ABNT / NBR    | DESCRIÇÃO                                                                                                                                            |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NBR NB-1:1940 | Primeira versão da norma, intitulada "Cálculo e Execução de Obras de Concreto," que estabeleceu as bases para projetos de concreto armado no Brasil. |

|                  |                                                                                                                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NBR<br>6118:1980 | Trouxe avanços na consideração das ações e resistências dos materiais, fortalecendo a análise estrutural                                                              |
| NBR<br>6118:2003 | Atualização significativa que expandiu o uso de modelos não-lineares e implementou critérios para durabilidade, cobrimento mínimo e segurança nas estruturas.         |
| NBR<br>6118:2014 | Reforçou aspectos de durabilidade e segurança estrutural, alinhando a norma com normas internacionais, além de revisões nos cálculos estruturais para maior precisão. |
| NBR<br>6118:2023 | Regula o projeto de estruturas de concreto armado no Brasil, passou por revisões significativas nos últimos anos.                                                     |

**Fonte:** ABNT/NBR's 6118:14 e 6118:23 – Adaptação dos autores, 2025.

Segundo Figueiredo e El Debs (2016), normas técnicas são instrumentos fundamentais para garantir a qualidade e a confiabilidade das estruturas, devendo refletir não apenas o conhecimento acumulado, mas também as necessidades práticas e os contextos econômicos e sociais. A constante atualização da NBR 6118 evidencia a preocupação do setor técnico e científico com a evolução da engenharia brasileira, promovendo melhores práticas de projeto, execução e manutenção.

Portanto, a comparação entre as versões de 2014 e 2023 da NBR 6118 não se limita à identificação de alterações textuais. Trata-se de uma análise das mudanças de paradigma na engenharia estrutural brasileira, buscando compreender como as exigências normativas refletem a complexidade crescente dos projetos e a necessidade de estruturas mais duráveis, econômicas e sustentáveis.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa qualitativa, com enfoque descritivo e documental, tendo como principal objetivo realizar uma análise comparativa entre as versões de 2014 e 2023 da norma brasileira NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento, publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A pesquisa consistiu nas seguintes etapas: a) levantamento bibliográfico e documental, no qual foram obtidas as

versões completas das edições de 2014 e 2023 da NBR 6118, além de materiais complementares, como artigos técnicos, notas de atualização da norma, relatórios da ABNT e publicações de especialistas em engenharia estrutural; b) análise comparativa sistemática, em que as duas versões da norma foram analisadas em paralelo, com foco na identificação de alterações relevantes quanto a conceitos e definições, critérios de dimensionamento e verificação das estruturas, requisitos mínimos de segurança e durabilidade, procedimentos de cálculo, disposições construtivas e recomendações práticas; c) classificação das alterações, identificando as mudanças segundo sua natureza - conceitual, metodológica, numérica ou estrutural - e avaliando seu impacto na prática projetual e construtiva; e d) discussão técnica, na qual foram destacados os principais pontos de divergência ou evolução entre as versões, com aprofundamento fundamentado na literatura técnica e nas demandas contemporâneas da engenharia civil, especialmente no que se refere à segurança estrutural, sustentabilidade, inovação tecnológica e normatização internacional.

Tratou-se, portanto, de uma análise fundamentada em uma abordagem crítica e técnica, com o intuito de fornecer subsídios para profissionais, pesquisadores e estudantes compreenderem as principais mudanças da norma e suas implicações para o projeto de estruturas de concreto armado no Brasil.

### 3.2 Resultados e Discussão

A análise comparativa entre as versões de 2014 e 2023 da NBR 6118 revela mudanças relevantes que impactam diretamente o desenvolvimento de projetos estruturais em concreto armado e protendido. Estas alterações refletem a constante busca por aprimoramento técnico, durabilidade, segurança e aderência às normas internacionais. Para efeito de visualização didática dos resultados e discussões aqui apresentadas trazemos três modos distintos. Uma primeira parte dos aspectos gerais; logo em seguida ficam evidenciadas as cinco mudanças mais significativas nas estruturas conceituais e práticas e, por fim, um quadro síntese comparativo.



Quanto aos aspectos gerais, é perceptível que a norma foi completamente reestruturada, adotando uma organização dos temas nos moldes do Eurocódigo. Está dividida em 11 capítulos, o que facilita a leitura e a localização das informações, permitindo, futuramente, a ampliação e a integração com outras normas da ABNT. É importante considerar que o capítulo que tratava de pontes de concreto foi removido, passando a ser abordado em norma específica.

Quanto aos materiais e às relações com as propriedades mecânicas, foram realizadas revisões nas propriedades do concreto e do aço, incorporando novos estudos experimentais e práticas internacionais. Destacam-se, em particular, as atualizações nos valores do módulo de elasticidade, nas relações tensão-deformação e, consequentemente, nos parâmetros de cálculo.

No que se refere à relação com a NBR 8681 – ações e segurança nas estruturas – especialmente os critérios de combinação de ações, foram introduzidos conceitos mais consistentes para estruturas em situação de incêndio. Da mesma forma, as regras de verificação dos Estados Limites Últimos (ELU) e dos Estados Limites de Serviço (ELS) foram refinadas, abordando-se de maneira mais moderna as propriedades e os conceitos relacionados aos critérios de fissuração, deformações e deslocamentos. Para isso, foram adotados novos coeficientes parciais de segurança, mais ajustados ao tipo de estrutura.

Quanto às regras de armadura e aos elementos estruturais, salienta-se a introdução de novas diretrizes, com detalhamento mais preciso sobre ancoragem, emenda e posicionamento das armaduras, além de uma ênfase no uso de armaduras soldadas e emendas mecânicas. Dessa forma, houve também atualizações nos critérios de dimensionamento de lajes, vigas, pilares, paredes estruturais e fundações superficiais, e foram incluídos novos exemplos e métodos de cálculo mais coerentes com a prática da engenharia moderna. Uma das alterações mais contundentes diz respeito às diretrizes específicas para estruturas expostas ao fogo, estabelecendo uma relação mais clara com a NBR 15200. Incluem-se, nesse contexto, as verificações das seções em situação de incêndio, as quais passaram a ser, em muitos casos, obrigatórias.

Por fim, ainda nos aspectos mais gerais, foram inseridas novas tabelas de cálculo, curvas de dimensionamento e coeficientes de modulação, bem como houve uma reorganização nos anexos, com inclusão de exemplos ilustrativos, o que facilita a aplicação prática da referida norma.

O Quadro 02 traz de forma sintetizada as alterações introduzidas de modo mais geral.

**Quadro 02 – Síntese geral das alterações na ABNT NBR 6118:2023**

| Item                               | NBR 6118:2014                                    | NBR 6118:2023                                                                 |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Organização da Norma               | Estrutura tradicional, por tipo de elemento      | Estrutura temática, alinhada ao Eurocode (11 capítulos principais)            |
| Capítulo sobre Pontes              | Incluído na própria norma                        | Removido – será tratado em norma específica (NBR 7187 em revisão)             |
| Materiais                          | Propriedades baseadas em dados nacionais antigos | Propriedades revisadas e alinhadas com práticas e estudos internacionais      |
| Ações e Combinações                | Base na NBR 8681 (versão anterior)               | Totalmente alinhada com a NBR 8681:2020, maior rigor em combinações de ações  |
| Estados Limites (ELU/ELS)          | Critérios mais simples                           | Critérios refinados, com novos coeficientes parciais e controle de fissuração |
| Segurança Contra Incêndio          | Referência genérica à NBR 15200                  | Integração direta com a NBR 15200 (verificação obrigatória em muitos casos)   |
| Armaduras                          | Detalhamento limitado de ancoragens/emendas      | Regras mais completas para emendas mecânicas, armaduras soldadas etc.         |
| Fundações                          | Cobertura básica                                 | Critérios mais consistentes para blocos e sapatas                             |
| Modelos de Cálculo                 | Algoritmos tradicionais (pouco atualizados)      | Novos modelos e métodos baseados em análises modernas                         |
| Exemplos e Anexos                  | Exemplos escassos                                | Anexos mais completos com exemplos práticos e tabelas atualizadas             |
| Conceito de Vida Útil da Estrutura | Menção pouco explorada                           | Ênfase em durabilidade e vida útil desde a fase de projeto                    |

**Fonte:** ABNT/NBR's 6118:14 e 6118:23 – Adaptação dos autores, 2025.

Em se tratando das cinco mudanças mais importantes nas estruturas conceituais e práticas, temos: a) critérios de dimensionamento de pilares; b) durabilidade e ambientes agressivos; c) ações dinâmicas

e considerações sísmicas; d) coeficientes de segurança e modelos de cálculo; e) compatibilização com normas internacionais.

Uma das modificações mais significativas está relacionada ao dimensionamento de pilares. A versão de 2023 introduz critérios mais refinados para o cálculo da esbeltez e para a consideração dos efeitos de segunda ordem. A abordagem para avaliação da instabilidade global e local foi aprimorada, com inclusão de novas fórmulas e tabelas que conferem maior precisão ao projeto. Essas mudanças exigem maior rigor no uso de programas de análise estrutural e podem influenciar diretamente a seção transversal dos pilares, impactando os custos e a execução da obra.

A nova norma também apresenta uma abordagem mais detalhada no que se refere à durabilidade das estruturas, especialmente para ambientes agressivos, como os expostos a cloretos ou sulfatos. Foram introduzidas novas recomendações quanto à espessura mínima de cobrimento, classes de exposição e controle da fissuração, promovendo maior vida útil às estruturas. Esse avanço está em consonância com a tendência internacional de projetar estruturas para períodos superiores a 50 anos de vida útil, como também indicado pelo Eurocode 2.

Outro ponto de destaque é a inclusão de orientações mais específicas para análise sísmica, mesmo em regiões brasileiras de baixa sismicidade. A nova versão da NBR 6118 trata a ação sísmica com mais atenção, considerando o crescimento da verticalização urbana e a necessidade de avaliar estruturas quanto a ações excepcionais. Embora ainda não seja obrigatória em todas as regiões, a recomendação reforça a importância de projetar com base em cenários de segurança global.

A versão de 2023 promoveu ajustes em diversos coeficientes de ponderação, tanto das ações quanto dos materiais. Além disso, foram ampliadas as possibilidades de uso de modelos não lineares, o que permite maior fidelidade na análise estrutural, desde que haja a devida validação por parte do projetista. Essa flexibilização traz mais liberdade, mas também mais responsabilidade técnica, exigindo conhecimento avançado em modelagem e simulação computacional.

Por fim, fica evidenciado que a norma brasileira se aproxima ainda mais de normas como o Eurocode 2 e o ACI 318, principalmente

no que diz respeito ao detalhamento e ao controle de fissuras. Isso facilita a compatibilização de projetos realizados com base em diferentes regulamentações, especialmente em obras internacionais ou financiadas por organismos multilaterais que exigem aderência a padrões internacionais.

O Quadro 03 apresenta, de forma sintetizada, as alterações estruturais, conceituais e práticas introduzidas.

**Quadro 03** – Comparativo entre as versões da NBR 6118:2014 e NBR 6118:2023: alterações e implicações

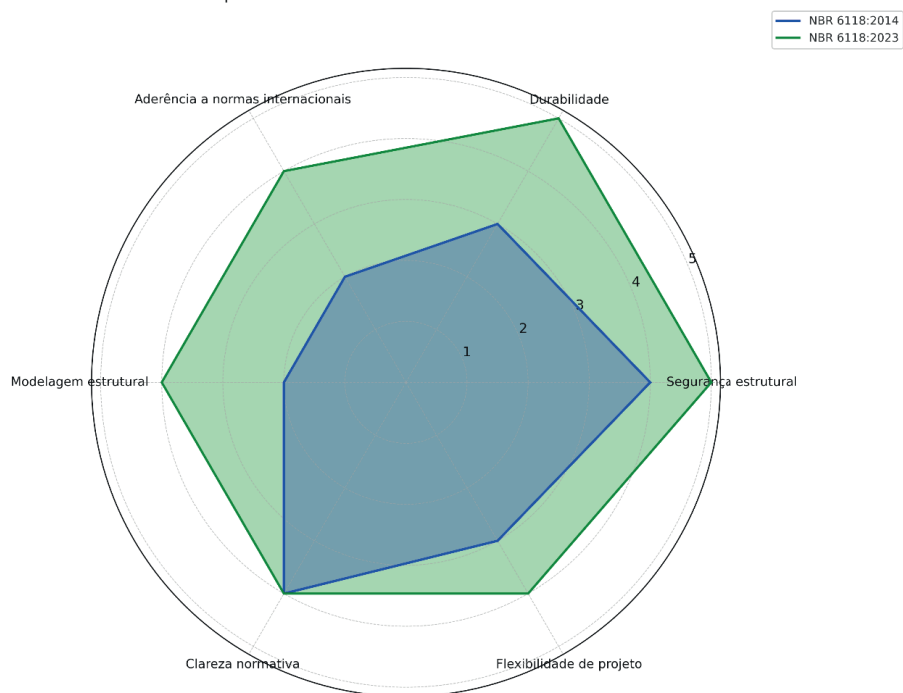
| Item                 | NBR 6118:2014                                   | NBR 6118:2023                                     | Impacto Prático                                  |
|----------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Pilares              | Critérios mais genéricos de esbeltez e 2ª ordem | Novo modelo de esbeltez e efeitos globais         | Seções mais otimizadas e seguras                 |
| Durabilidade         | Menor detalhamento por classes de exposição     | Novas classes ambientais + critérios mais rígidos | Aumenta a vida útil, reforça a prevenção         |
| Fissuração           | Controle indireto via cobrimento                | Controle direto da largura de fissuras            | Reduz risco de patologias                        |
| Ações sísmicas       | Mencionadas superficialmente                    | Mais detalhadas, com recomendações específicas    | Adequação à verticalização e segurança global    |
| Coeficientes         | $\gamma_f$ e $\gamma_c$ fixos                   | Revisados, ajustáveis conforme o projeto          | Maior flexibilidade, com exigência de precisão   |
| Modelos não-lineares | Aplicação limitada                              | Maior incentivo ao uso, com critérios definidos   | Exige conhecimento técnico e softwares avançados |

**Fonte:** ABNT/NBR's 6118:14 e 6118:23 – Adaptação dos autores, 2025.

Por fim, é apresentado um gráfico conceitual com a evolução dos critérios da NBR 6118.

**Figura 1** – Gráfico Conceitual/Evolução da NBR 6118

Comparativo Evolutivo – NBR 6118:2014 vs 2023



**Fonte:** Próprios autores, 2025.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da NBR 6118, publicada em 2023, representa um avanço significativo no cenário normativo da engenharia estrutural brasileira. Comparada à versão de 2014, a nova norma evidencia uma modernização técnica e conceitual, refletindo a necessidade de maior precisão no dimensionamento, durabilidade das estruturas e compatibilidade com as normas internacionais, como o Eurocode 2 e o ACI 318.

Entre as principais inovações, estão a reorganização da estrutura normativa, o aprofundamento das exigências quanto à durabilidade em ambientes agressivos, o detalhamento mais rigoroso sobre armaduras e novos critérios para ações dinâmicas e sísmicas. A introdução de coeficientes ajustáveis e a valorização dos modelos não lineares de cálculo também contribuem para um projeto estrutural mais flexível, seguro e realista.

Entretanto, a adoção prática dessas mudanças impõe desafios aos profissionais e empresas do setor, que precisarão se adaptar a novas exigências de projeto, atualização de softwares e capacitação técnica contínua. Apesar disso, os benefícios são evidentes: maior vida útil das estruturas, segurança reforçada, racionalização dos recursos e alinhamento com práticas construtivas modernas.

Portanto, a NBR 6118:2023 consolida-se como um instrumento essencial para a engenharia brasileira, promovendo uma prática mais qualificada, sustentável e alinhada com os desafios contemporâneos da construção civil. Cabe aos profissionais, instituições de ensino e empresas assimilarem essas mudanças e incorporá-las à realidade projetual, garantindo a excelência técnica e a segurança das edificações no país.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Eurocode 2 – **Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings**. Brussels: CEN, 2004.

FIGUEIREDO, A. D.; EL DEBS, M. K. **Concreto armado: Ensaios, modelos e aplicações**. São Carlos: EdUFSCar, 2016.

HELENE, P.; PEREIRA, J. C. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 2015.

ALBUQUERQUE, Jabson Araújo de. **O ensino das normas de trabalho científico da ABNT: uma análise das disciplinas**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB-1: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1940.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

BASTOS, PS dos S. Fundamentos do concreto armado. **Universidade Estadual Paulista, UNESP. São Paulo**, 2011. Disponível em: <https://surl.li/gxtohq>. Acesso em 15 nov. de 2024.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, **O Concreto Armado - Eu Te Amo** - Vol. 1. 3. ed. São Paulo: PINI, 2020.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 2º ed. São Paulo: PINI, 2013.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues De. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 4. ed. Rio De Janeiro: Edufscar, 2021.

DA SILVA FILHO, Nivaldo Gomes et al. **A responsabilidade social na vida de um engenheiro**. 2011. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/8/sexoestec/art2095.pdf>. Acesso em 10 nov de 2024.

DEBS, Mounir Khalil El. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2017. Acesso em 19 nov de 2024.

DOS SANTOS, V. S.; SERAFIM FERREIRA, J. M.; FERNANDES, R. de O. **Conhecimento e aplicação de estratégias sustentáveis e da norma de desempenho (nbr 15.575/2013) para edificações por profissionais da construção civil**. Revista AIDIS, v. 14, n. 3, dez. 2021. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/76120>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FIGUEIREDO FILHO, J.; CARVALHO, R. C. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto**. 7. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

INOJOSA,L; BUZAR,M. PANTOJA,J. **O Concreto e a Arquitetura de Niemeyer em Brasília**. Revista concreto e construções. v. 107 n. 107, març.2022. Disponível em: <https://concreteconstrucoes.org.br/index.php/revista/article/view/40>. Acesso em: 10 nov. 2024.

KIMURA, A.; BUENO, S. **ABNT NBR 6118:2014 - Comentários e Exemplos de Aplicação**. IBRACON, 2020.

LEHNER, M. Scientific Research. **Publicações acadêmicas**. Usa: Scientific Research, 2017. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2121178>. Acesso em: 19 nov. 2024.

LIBÂNIO MIRANDA PINHEIRO. **Fundamentos do concreto armado**. São Paulo: Academia.edu, 2004. Disponível em: [file:///C:/Users/eduar/Downloads/Apostila\\_Concreto\\_Armado\\_Libanio.pdf](file:///C:/Users/eduar/Downloads/Apostila_Concreto_Armado_Libanio.pdf). Acesso em: 19 nov. 2024.

QUEIROZ, Rudney C. **Introdução à Engenharia Civil: História, Principais áreas e Atribuições da Profissão**. 1 ed. São Paulo: Blucher , 2019.

SCARI, P; SANTOS, O. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. Revista Boletim do Gerenciamento, Rio de janeiro, v. 24, n. 24, mai. 2021. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdo-gerenciamento/article/view/548>. Acesso em 10 nov. 2024.

SCHERER, Mailson; MORSCH, Inacio Benvegno; REAL, Mauro de Vasconcellos. **Reliability of reinforced concrete beams designed in accordance with Brazilian code NBR-6118: 2014**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 12, p. 1086-1125, 2019.

SILVA, A.; SOUZA, M. **Estudo Comparativo sobre a Aplicação de Concretos de Alta Resistência no Brasil e na Europa**. Revista de Engenharia Civil, vol. 19, 2018.



## CAPÍTULO 2

### A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE DEFLEXÃO EM VIGAS, PARA ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO

#### *THE IMPORTANCE OF STUDYING DEFLECTION IN BEAMS, FOR DEFORMATION ANALYSIS*

##### **João Gabriel de Moraes Oliveira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0003-2160-8859>  
[joao.higgs001@gmail.com](mailto:joao.higgs001@gmail.com)

##### **Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>  
[natanael\\_mendes2@gmail.com](mailto:natanael_mendes2@gmail.com)

##### **Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

##### **Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>  
[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

##### **Laysa Cruz Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1748-7316>  
[englaysacruz@gmail.com](mailto:englaysacruz@gmail.com)

**Flaviano Ferreira de Araújo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0004-5919-9146>

[flavianoaraujo@chrisfapi.com.br](mailto:flavianoaraujo@chrisfapi.com.br)

**Gildene Fortes de Meneses Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-0319-183X>

[gildenemeneses@yahoo.com.br](mailto:gildenemeneses@yahoo.com.br)

**Maria dos Remédios Magalhães**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-7066-5011>

[magalhãesantosjl@gmail.com](mailto:magalhãesantosjl@gmail.com)

**Neirigelson Ferreira de Barros Leite**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-6505-1368>

[neirigelson@chrisfapi.com.br](mailto:neirigelson@chrisfapi.com.br)

**Wanderson Rocha Carvalho**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-5278-1329>

[wanderson\\_vitoria2010@hotmail.com](mailto:wanderson_vitoria2010@hotmail.com)

**RESUMO**

A deflexão é um fenômeno estrutural relevante que ocorre principalmente em vigas submetidas a esforços verticais, sendo um dos principais critérios de análise no dimensionamento de estruturas. Este trabalho tem como objetivo analisar a deflexão por meio de uma viga biapoiada com carga concentrada no centro do vão, utilizando a dedução da equação da

linha elástica e métodos analíticos baseados na resistência dos materiais. A metodologia adotada compreende a aplicação do método da dupla integração, associada ao uso do software Ftool para modelagem da curva da linha elástica. Os resultados indicam que fatores como o comprimento do vão, o valor da carga aplicada, o módulo de elasticidade e o momento de inércia da seção transversal exercem influência direta sobre o valor da deflexão máxima. Além disso, a análise permite identificar a ocorrência de deformações normais e por cisalhamento, evidenciando que a deflexão impacta diretamente no comportamento e na durabilidade das estruturas. Conclui-se que o estudo da deflexão é essencial para o projeto seguro e eficiente de elementos estruturais, possibilitando prever patologias, melhorar a qualidade das obras e atender às exigências normativas.

**Palavras-chave:** Deflexão; Deformação; Linha Elástica; Viga bi apoiada.

## ABSTRAT

Deflection is a significant structural phenomenon that mainly occurs in beams subjected to vertical loads, being one of the key criteria in structural design. This study aims to analyze deflection using a simply supported beam with a central point load, applying the elastic curve equation through analytical methods based on strength of materials. The methodology includes the use of the double integration method and the Ftool software to model the elastic line diagram. The results show that factors such as span length, load intensity, modulus of elasticity, and moment of inertia of the cross-section have a direct influence on the maximum deflection value. Additionally, the analysis reveals the occurrence of both normal and shear deformations, highlighting that deflection directly impacts the behavior and durability of structures. It is concluded that studying deflection is essential for the safe and efficient design of structural elements, allowing engineers to predict pathologies, improve construction quality, and comply with design standards.

**Keywords:** Deflection; deformation; elastic line; double-supported beam.

## 1 INTRODUÇÃO

Podemos entender deflexão como sendo o deslocamento vertical que uma viga sofre ao ser submetida à algum esforço vertical,

estes deslocamentos possuem geralmente um valor pequeno em relação as dimensões da viga, sendo geralmente dado em milímetros. Sabermos prever e analisar tais deslocamentos é de suma importância na área de resistência dos materiais, principalmente em vigas de concreto armado, pois esse fator é responsável pela maioria das patologias em tais estruturas, por esta razão “as especificações do projeto de uma viga geralmente incluem um valor máximo admissível para sua deflexão” (BEER, 2011).

Um dos principais motivos de vigas de concreto armado apresentarem patologias referentes a deflexões é o fato do concreto ter pouca resistência à tração, resultando na fissuração, manifestação patológica mais comum nessas estruturas. Um caso que ocorreu em Gênova, Itália com o colapso da ponte Morandi no ano de 2018, onde a passagem de veículos pesados na ponte, fizeram com que as cargas extrapolassem os valores que ela normalmente suportaria resultando numa deflexão maior que previsto, isso somado com a falta de manutenção fizeram com que a ponte colapsou, resultando na morte de 43 pessoas.

O procedimento para análise de deflexão consiste na definição de uma curva de deslocamento ao longo da viga. Pelas palavras de Hibbeler (2010) o diagrama da deflexão do eixo longitudinal que passa pelo centroide de cada área da seção transversal da viga é denominado linha elástica. O que mais vai interessar no dimensionamento da estrutura é encontrarmos a área de seção transversal correspondente ao maior valor desse diagrama, isso seria a deflexão máxima que a viga pode sofrer, ou seja o ponto onde ocorrer o maior deslocamento vertical.

A deformação por sua vez está relacionada não simplesmente ao deslocamento na peça, mas sim diz respeito à variação do tamanho ou da forma das estruturas, a obtenção é importante pois esses valores podem ser relacionados as cargas ou tensões aplicadas. As altas deformações causadas pelos carregamentos é que são diretamente responsáveis pelas fissuras e prováveis rompimentos nas estruturas de concreto armado.

Da mesma forma o estudo e a análise das deformações é importante para se evitar deformações grandes o suficiente que pos-

sam resultar em fissurações, a estrutura que apresenta esse tipo de patologia não é capaz de exercer as funções para qual foi projetada. É possível observar esses fenômenos diariamente, para cada tipo de deformações teremos um correspondente tipo de fissuração, por exemplo as características fissuras verticais na parte inferior de uma viga são resultado de grandes deformações longitudinais do concreto tracionado.

Como essas duas propriedades estão diretamente ligadas a falhas em estruturas de concreto armado, é de interesse da engenharia estudar a relação entre a deflexão e a deformação e sua importância. O objetivo deste presente trabalho é demonstrar o que influencia na deflexão por meio da dedução das equações da linha elástica e sua importância na deformação máxima da viga e no seu dimensionamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O primeiro passo para deduzir o comportamento da deflexão em uma viga sobre um determinado carregamento inicia-se na denominada equação da curvatura, segundo Beer (2011) uma viga prismática submetida à flexão pura é flexionada em um arco de circunferência e que, dentro do regime elástico, a curvatura da superfície neutra pode ser expressa como:

$$\frac{1}{R} = \frac{M(x)}{EI}$$

Equação 01

Esta equação nos permite calcular a curvatura de deformação de uma viga para um determinado momento fletor, “em que M é o momento fletor, E, o módulo de elasticidade, e I, o momento de inércia da seção transversal em relação à linha neutra” (Beer, 2011). É possível encontrar uma equação matemática que pode ser usada para calcular a curvatura em qualquer ponto ao longo da curva, expressa da seguinte forma:

$$\frac{1}{R} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left(1 + \frac{dy^2}{dx^2}\right)^{3/2}}$$

Equação 02

Mas, no caso da linha elástica de uma viga, a inclinação  $dy/dx$  é muito pequena, e seu quadrado é desprezível comparado com a unidade (Beer, 2011). Após esta simplificação, relaciona-se a equação anterior com a equação 01, é possível obter a seguinte equação diferencial:

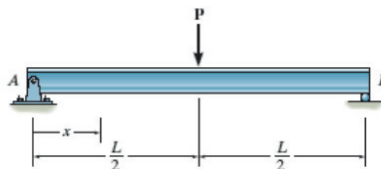
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI}$$

Equação 03

Uma equação diferencial linear de segunda ordem é obtida, ela é a equação diferencial que governa a linha elástica (Beer, 2011), onde  $M(x)$  é a equação que rege momento da viga em um determinado ponto do eixo e o produto  $EI$  é definido como módulo de rigidez.

Para determinação das equações diferenciais da curvatura de deflexão por meio da dupla integração da equação 03, considere uma viga bi apoiada nos pontos A e B com um carregamento concentrado exatamente no ponto médio desses apoios.

**Figura 01-** Viga bi apoiada com carregamento pontual

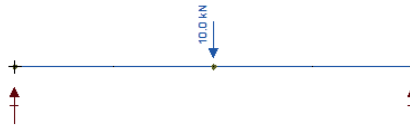


**Fonte:** HIBBELER,2010, pág. 431.

## 2.1 Reações de Apoio

Primeiramente é necessário desenhar um de um diagrama de corpo livre e descobrir os valores das reações de apoio por meio das equações de equilíbrio da isostática.

**Figura 02: Diagrama de corpo livre**



Fonte: Próprio autor.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow H_a = 0$$

$$\sum M_b = 0 \rightarrow V_a = P/2$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow V_b = P/2$$

## 2.2 Determinação da Equação da Linha Elástica

É necessário para análise das equações de momento que a viga seja fracionada e estudada em trechos individuais e fazer uso novamente das equações de equilíbrio em posse dos valores das reações, nesse caso o trecho estudado estará no intervalo  $0 \leq x \leq L/2$ .

$$\sum M = 0 \rightarrow \frac{-P}{2}x + Mx = 0 \rightarrow Mx = Px/2$$

**Figura 03: Diagrama de momento fletor**



Fonte: Próprio autor.

Observa-se pelo diagrama de momento fletor que o momento varia linearmente no trecho que vai de 0 ao meio da viga ( $L/2$ ), assim como demonstra a equação do momento do trecho em questão. O próximo passo é substituir esta expressão para o momento na equação da linha elástica e assim aplicar o método da integração dupla para descobrir a equação da linha elástica que governa a deflexão ao longo da viga.

$$\triangleright \quad \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{Px/2}{EI}$$

Equação 04

$$\triangleright \quad \frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \int \frac{Px}{2} \rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^2}{4} + C1 \right)$$

Equação 05

$$\triangleright \quad y = \frac{1}{EI} \int \left( \frac{Px^2}{4} + C1 \right) \rightarrow y = \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^3}{12} + C1x + C2 \right)$$

Equação 06

Enquanto a equação 06 corresponde a distância do deslocamento resultado da deflexão em si, a equação 05 corresponde ao ângulo de inclinação da linha neutra, ou seja, o ângulo de rotação da viga. Dessa forma é possível escrever as equações da seguinte maneira:

$$\theta.EI = \frac{Px^2}{4} + C1$$

$$v.EI = \frac{Px^3}{12} + C1x + C2$$

## 2.3 Condições de Contorno

Observa-se a presença de duas constantes desconhecidas nas equações, para definir as equações finais é necessário usar algumas relações matemáticas afim de descobrir o valor de ambas as constantes. “Os apoios consistem em um apoio fixo em A e um apoio móvel em B, e requerem que a deflexão seja zero em cada um desses



pontos" (Beer, 2011). Fazendo  $x=0$  e  $y=0$  na equação 06 é possível descobrir o valor da constante  $C2$ .

- Para  $x = 0, v(y) = 0$

$$0 = \frac{1}{EI} \left( \frac{P0^3}{12} + C.0 + C2 \right) \rightarrow C2 = 0$$

## 2.4 Condições de Continuidade

Não é possível neste ponto utilizar novamente uma relação de deslocamento nos apoios para descobrir a próxima constante já que o eixo se restringe ao apoio em A, dessa forma é necessário encontrar uma relação que se relacione com o ângulo de inclinação da curva, utilizando a equação 05.

Como nenhum dos apoios da viga restringe rotação, é necessário realizar um estudo da linha elástica para determinar um ponto onde a inclinação é igual a zero, pois dessa forma será possível realizar manipulações na equação 05, afim de descobrir a constante  $C1$ .

**Figura 04:** Linha elástica



**Fonte:** Próprio autor, software ftool.

Pela análise visual da curva da linha elástica é possível notar que no ponto máximo do trecho  $0 \leq x \leq L/2$ , ou seja, quando  $x$  é igual à  $L/2$ , a inclinação da curva é igual a zero, dessa forma fazendo  $x=L/2$  e  $\theta=0$  na equação 05 será possível descobrir o valor de  $C1$ .

- Para  $x = L/2, \theta = 0$

$$0.EI = \frac{P L^2}{4} + C1$$

$$C1 = -\frac{PL^2}{16}$$

## 2.5 Equações Finais e Deflexão Máxima

Em posse dos resultados anteriores é possível resolver a deflexão da curva da viga em questão e escrever as equações finais da linha elástica correspondentes tanto ao ângulo de inclinação quanto ao deslocamento vertical.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^2}{4} + C1 \right) \rightarrow \theta = \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^2}{4} - \frac{PL^2}{16} \right) \rightarrow \theta = \frac{P}{16EI} (4x^2 - L^2)$$

Equação 07

$$y = \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^3}{12} + C1x + C2 \right) \rightarrow v = \frac{1}{EI} \left( \frac{Px^3}{12} - \frac{PL^2x}{16} + 0 \right) \rightarrow v = \frac{P}{48EI} (4x^3 - 3L^2x)$$

Equação 08

Por definição no ponto do eixo x correspondente a deflexão máxima, o valor da inclinação da curva é igual a zero, dessa forma igualando a equação 07 a zero é possível determinar o valor de x correspondente a deflexão máxima na viga e substituir o valor encontrado na equação 08, para enfim encontrar o valor da deflexão máxima.

$$\theta = \frac{P}{16EI} (4x^2 - L^2) \rightarrow 0 = \frac{Px^2}{4EI} - \frac{PL^2}{16EI} \rightarrow x = \frac{L}{2}$$

$$v = \frac{P}{48EI} (4x^3 - 3L^2x) \rightarrow v_{\max} = \frac{P \frac{L^3}{2}}{12EI} - \frac{PL^2(L/2)}{16EI} \rightarrow v_{\max} = \frac{-PL^3}{48EI}$$

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Por meio da dedução das equações da linha elástica por meio do método da integração dupla, interpretar os resultados aritméticos discutindo o que influenciara na deflexão da viga, assim com sua relação com as deformações e importância do estudo das mesmas. Para fins didáticos, será utilizada para exemplo de estudo uma viga bi

apoiada, com uma carga pontual localizada no meio do vão, de forma simplificar os procedimentos e o entendimento. Será utilizado também para demonstração do gráfico da linha elástica o *software* ftool.

### 3.2 Resultados e Discussão

Com este resultado é possível extrair as seguintes informações: a deflexão máxima da viga dependerá de diversos fatores, como por exemplo o vão e o valor do carregamento, ambos os valores são diretamente proporcionais à deflexão, ou seja, quanto maior for o vão da viga maior será o valor da sua deflexão, da mesma forma com a carregamento que está atuando.

O produto do módulo de elasticidade do material pela inercia da seção transversal é denominado módulo de rigidez, como esse módulo é inversamente proporcional à deflexão e ao ângulo de deslocamento pode-se deduzir que materiais que possuem maior rigidez são menos resistentes a deformações por meio da deflexão.

Ao analisarmos o comportamento da linha elástica da figura 04, podemos observar que a viga sofre uma deformação do tipo cisalhante devido a mudança do ângulo no segmento entre os apoios A e B. Isto na verdade é um tanto intuitivo, visto que a deflexão é resultado de esforços paralelos à seção transversal da viga.

Além disso, nota-se que está ocorrendo nesse caso um alongamento nas fibras inferiores e um encurtamento nas fibras superiores, essa variação no comprimento de um objeto por meio de esforços externos é o que diz respeito a deformações normais. Dessa forma pode-se concluir que a deflexão numa viga bi apoiada resulta tanto em deformações normais quanto em deformações por cisalhamento.

Conclui-se que quanto maior a deflexão máxima de uma viga, maior será o encurtamento e alongamento das fases superior e inferior das mesmas, dependendo da direção das cargas. Além disso, podemos concluir também que além do deslocamento vertical, quanto maior o alongamento da linha elástica (ângulo de rotação) maiores serão também as deformações por cisalhamento internas na viga, tanto na parte comprimida quanto tracionada.

Outro ponto de importância em relação ao resultado final, é que é possível utilizá-lo para determinar a deflexão máxima de qualquer viga com mesmas características, ou seja, que esteja bi apoiada e submetida a um carregamento pontual no centro do vão.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a importância do estudo da deflexão em vigas, é notório sua relação direta com as deformações ocorridas em tais estruturas, pois mm apenas uma equação é possível englobar todas as variáveis que levaram a possível deformação de uma viga, como o vão, a carga, o tipo de material (módulo de elasticidade), e a sua forma (Inercia da seção transversal). Este estudo mostra uma importância crucial na área de dimensionamento de estruturas pois além da proporcionalidade da deflexão com a deformação do material, as equações da linha elásticas resumem todos os critérios importantes para análise de deformações em qualquer viga de mesmas restrições de apoio.

#### REFERÊNCIAS

BEER, Ferdinand P. 2011. **Mecânica dos Materiais**. 5.ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HIBBELER, R.C. **Resistência dos materiais**. 7. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

The Efficient Engineer. **Understanding Beam Deflection**. YouTube, 3 de novembro de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MvBqCeZllpQ&t=271s>

SANTOS, Altair. **O que causou a queda da ponte em Gênova, na Itália**. 22 de agosto de 2019. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/o-que-causou-a-queda-da-ponte-em-genova-na-italia>

The Efficient Engineer. **Understanding Stresses in Beams**. YouTube, 30 de junho de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=f08Y39UiC-o&t=720s>

### CAPÍTULO 3

#### **A INFLUÊNCIA DO ACOMPANHAMENTO DO ENGENHEIRO CIVIL NA QUALIDADE E EFICIÊNCIA DAS OBRAS: UM ESTUDO TÉCNICO COMPARATIVO ENTRE OBRAS COM E SEM SUPERVISÃO TÉCNICA EM MUNICÍPIOS DO INTERIOR DO PIAUÍ**

*THE INFLUENCE OF CIVIL ENGINEER SUPERVISION ON THE  
QUALITY AND EFFICIENCY OF CONSTRUCTION WORK: A TECHNICAL  
STUDY COMPARING WORK WITH AND WITHOUT TECHNICAL  
SUPERVISION IN MUNICIPALITIES IN THE INTERIOR OF PIAUÍ STATE*

**Adrian de Oliveira Melo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0003-4020-0357>  
[adrianoliveira117@gmail.com](mailto:adrianoliveira117@gmail.com)

**Chagas Vinicius de Matos Andrade Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-5892-4524>  
[chagasvinicius04@gmail.com](mailto:chagasvinicius04@gmail.com)

**Laysa Cruz Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1748-7316>  
[englaysacruz@gmail.com](mailto:englaysacruz@gmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Dirceu do Nascimento Martins Júnior**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0009-8058-6702>

[dirceum2014@gmail.com](mailto:dirceum2014@gmail.com)

**Guilherme de Carvalho Amaral**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0007-6082-3614>

[guilhermecarvalhoaz9@gmail.com](mailto:guilhermecarvalhoaz9@gmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Marcos Vinícius Lopes dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4007-2917>

[marcosss2013@hotmail.com](mailto:marcosss2013@hotmail.com)

**Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8601-9580>

[mikaellecavalcante2003@gmail.com](mailto:mikaellecavalcante2003@gmail.com)

**Rhuan Petrovisk Silva Medeiros**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0008-0332-9756>

[rhuant123@gmail.com](mailto:rhuant123@gmail.com)

## RESUMO

A supervisão técnica de um profissional de engenharia civil é de uma importância imprescindível. Em vista disso, o presente estudo teve como propósito equiparar a influência do acompanhamento do engenheiro civil na qualidade e eficiência das obras. Com esse propósito, uma pesquisa de campo foi realizada em duas obras distintas, localizadas nos municípios do interior do Piauí. A metodologia admitida combinou a coleta de dados por meio de análise prática, entrevistas e questionários, empregando os métodos apresentados. Os resultados apontam que a supervisão técnica exercida por um profissional de engenharia civil é mais vantajosa, ofertando mais segurança, melhor economia, menor prazo e melhor qualidade da obra. Sendo assim, pode-se atestar que a influência do acompanhamento do engenheiro civil em uma obra é indispensável para obtenção de obras seguras e eficientes.

**Palavras-chave:** Supervisão Técnica; Engenheiro Civil; Acompanhamento; Obra; Qualidade.

## ABSTRACT

The technical supervision of a civil engineering professional is of essential importance. Therefore, the purpose of this study was to compare the influence of civil engineer supervision on the quality and efficiency of construction work. With this purpose in mind, a field study was conducted on two different construction sites located in municipalities in the interior of the state of Piauí. The methodology used combined data collection through practical analysis, interviews and questionnaires using the methods presented. The results indicate that technical supervision by a civil engineering professional offers clear advantages, including greater safety, improved cost-efficiency, shorter deadlines, and higher quality work. Thus, it can be affirmed that the influence of a civil engineer's supervision on a construction project is indispensable in order to achieve safe and efficient projects.

**Keywords:** Technical Supervision; Civil Engineer; Monitoring; Construction Work; Quality.

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil é um dos campos mais antigos da engenharia, com mais de 5.000 anos. Desde as primeiras civilizações, os engenheiros civis são responsáveis pela construção de obras públicas como sistema de irrigação, estradas, pontes e edifícios. Ao longo da história, o papel do engenheiro civil evoluiu, acompanhando as inovações tecnológicas e as mudanças nos métodos construtivos. O engenheiro civil, além de garantir a conformidade com as legislações e normas técnicas, minimiza erros que podem comprometer a obra, reduzem retrabalhos, custos inesperados, atrasos no cronograma e dispõe soluções construtivas, influenciando diretamente os custos e prazos de execução (Unit, 2023).

De acordo com Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a construção civil, por ser intensiva de mão de obra, pode contribuir para a geração de emprego e renda no País. Além de fortalecer a economia, o setor é também capaz de proporcionar desenvolvimento social. A atuação do engenheiro civil em obras de construção civil é um fator resolutivo para garantir a qualidade, segurança e eficiência dos projetos. Pontos determinantes como a qualidade estrutural e acabamentos de obras, os impactos financeiros e de tempo e a percepção dos trabalhadores e clientes são pontos de maior destaque diante de pressupostos estudos.

A construção civil, no Brasil, é uma área de extrema importância, sendo responsável por uma significativa parcela da geração de empregos e do desenvolvimento econômico. Contudo, em algumas obras de médio e pequeno porte, a supervisão técnica por parte de engenheiros ainda é subestimada ou até mesmo dispensada. Em algumas situações, por uma questão de economia, empreiteiros optam por conduzir o processo sem a devida orientação profissional, o que pode gerar impactos negativos na qualidade da construção e elevar os custos, devido a erros de execução.

No bojo da pesquisa foram analisados, no período de seis meses, do ano de 2025, de janeiro a junho, obras civis, que refletem as práticas atuais do setor da construção civil.



O estudo realizado foi nos municípios de Piripiri-PI e Brasileira-PI, uma vez que apresentam um significativo número de obras sem supervisão técnica, permitindo, assim, uma correlação de maneira mais eficaz. Foram entrevistados engenheiros, trabalhadores e clientes envolvidos diretamente nas obras, garantindo uma visão ampla sobre os impactos da supervisão técnica, tal como a definição de obter diferentes perspectivas sobre a influência do engenheiro civil na qualidade e eficiência das construções.

Considerando que a expectativa da presença de um engenheiro civil na supervisão técnica leva à melhoria da qualidade da obra, redução de custos e otimização do tempo de execução, faz-se necessária a análise de tal influência, e, para tanto, foram realizadas comparações entre obras com e sem supervisão técnica no referente a custos, qualidade e prazos, objetivando identificar os principais problemas em obras sem acompanhamento técnico, bem como avaliar a percepção de engenheiros, trabalhadores e clientes sobre o impacto da supervisão técnica.

Assim, a pesquisa evidencia a importância do engenheiro civil, fornecendo dados concretos que possam contribuir para a valorização profissional e para a melhoria das práticas no setor da construção civil.

O artigo está estruturado, portanto, de forma lógica e didática, partindo desta introdução, fundamentando-se numa revisão bibliográfica, entendida como referencial teórico, que busca subsidiar o problema levantado e as hipóteses vislumbradas. Não obstante a isso, os objetivos, gerais e específicos, ficaram evidenciados e foram alcançados a partir de uma metodologia traçada com tal visão estratégica.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Responsabilidade e Supervisão

A engenharia civil é uma das profissões mais antigas e essenciais para o desenvolvimento da sociedade. Desde os primórdios das civilizações, engenheiros são responsáveis por planejar e executar obras que garantem infraestrutura e qualidade de vida (Schutz, 2023). A evolução da engenharia, ao longo dos séculos, trouxe a necessi-

dade de regulamentação e supervisão para garantir a segurança e a eficiência das construções.

A responsabilidade técnica de um engenheiro civil se inicia com a assinatura da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), documento que formaliza a participação do profissional no empreendimento (Schutz, 2023). Conforme estabelecido pela Lei Nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977, a ausência da ART pode acarretar sanções legais, incluindo multas para o profissional ou a empresa (BRASIL, 1997). Dessa forma, a ART assegura que um profissional habilitado esteja à frente do projeto, garantindo que a execução ocorra dentro dos padrões exigidos. A falta desse controle pode levar a falhas estruturais graves, que impactam não apenas a durabilidade da obra, mas também a segurança dos trabalhadores e usuários.

A supervisão técnica, por sua vez, é essencial para garantir a correta execução das etapas da obra. Segundo de Moraes (2020), a fiscalização de projetos reduz o desperdício de recursos e evita retrabalhos. A supervisão também garante que a obra esteja em conformidade com normas de qualidade e segurança, prevenindo acidentes e promovendo um ambiente de trabalho eficiente (Silva, 2021). Schutz (2023) enfatiza que uma boa supervisão reflete diretamente na eficiência da construção, assegurando a coordenação entre mão de obra, fornecedores e investidores. Valadares (2024) complementa, afirmando, que a supervisão eficaz abrange desde a verificação da conformidade com normas técnicas e legislações até o controle rigoroso do cronograma e dos recursos utilizados.

Indubitavelmente, a comparação entre obras com e sem supervisão evidencia a importância da presença do engenheiro civil no planejamento, execução e gerenciamento da construção. A fiscalização adequada contribui para a qualidade, eficiência e segurança, resultando em construções mais sustentáveis e economicamente viáveis. Um canteiro de obras bem organizado, com trabalhadores motivados e processos estruturados, tem um impacto positivo direto nos custos e nos prazos da obra, garantindo um resultado final satisfatório tanto para os empreendedores quanto para os usuários da edificação (Lima, 2021).

## 2.2 Qualidade e Eficiência

A qualidade e a eficiência são bases essenciais na construção civil, abrangendo desde o planejamento até a execução da obra. Para Vargas (2018), qualidade não se limita à durabilidade da estrutura, mas também inclui a segurança, a conformidade com as normas técnicas e a satisfação do cliente. Silva (2021a) ressalta que a seleção adequada de materiais e o cumprimento de prazos impactam diretamente na qualidade final do projeto.

A eficiência, por sua vez, está relacionada à otimização de recursos e produtividade da equipe. Valadares (2024) destaca que o planejamento logístico adequado minimiza desperdícios e melhora a produtividade. Silva (2021) reforça que o controle de custos e a gestão eficiente são fundamentais para manter a obra dentro do orçamento previsto. Sales (2024) corrobora que a produtividade das equipes e o tempo necessário para concluir as etapas são fatores essenciais para garantir que a construção atenda aos requisitos de qualidade com o menor desperdício possível.

A atuação do engenheiro civil no gerenciamento da qualidade e eficiência se reflete diretamente nos resultados da obra. Schutz (2023) afirma que a supervisão contínua reduz falhas e atrasos, garantindo um cronograma bem estruturado e uma construção segura. Um engenheiro civil capacitado desempenha um papel fundamental na integração dos diversos fatores que envolvem uma obra, garantindo que todas as etapas do projeto estejam devidamente alinhadas para alcançar um resultado de alta qualidade. Além disso, a presença do engenheiro no canteiro de obras contribui para a organização e motivação da equipe, fator relevante para o cumprimento eficiente do planejamento (Fonseca, 2020).

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A base da pesquisa toma como referências duas vertentes. A primeira é o acompanhamento de duas obras, caracterizando-se

como uma pesquisa de campo com abordagem qualitativa e quantitativa, analisando e buscando compreender tanto os dados mensuráveis (custos, prazos, qualidade e retrabalhos), quanto as percepções dos envolvidos nas obras, com a influência da supervisão técnica do engenheiro civil na qualidade e eficiência.

Para tal, desenvolveu-se em um recorte temporal de 06 (seis) meses, compreendendo o período de janeiro a junho do ano de 2025, período no qual foram observadas práticas atuais no setor da construção civil. O recorte espacial incluiu municípios do interior do Piauí, mais precisamente nos municípios de Piri-piri e Brasileira. A amostragem para essa primeira etapa da pesquisa foi composta por duas obras de pequeno a médio porte, de 50 m<sup>2</sup> a 100 m<sup>2</sup>, respectivamente, ambas consideram de baixo padrão de acabamento, sendo a obra sem acompanhamento de um profissional especializado localizada no município de Brasileira e a com acompanhamento especializado localizada no município de Piri-piri. As duas foram escolhidas e selecionadas, intencionalmente, para representar esses dois grupos distintos. A escolha dessas obras levou em consideração fatores como o tipo da construção, o estágio da obra, a acessibilidade ao local e o contato com os envolvidos.

A segunda parte da pesquisa, diz respeito a percepção dos trabalhadores e clientes diretamente envolvidos em obras. Nesse caso, a delimitação espacial incluiu os dois municípios anteriormente tratados e a inserção do município de Pedro II, em função da atuação dos envolvidos nos três municípios. Para o cumprimento dessa etapa foi aplicado um instrumental de entrevistas que buscou captar a percepção dos colaboradores quanto à organização, segurança, suporte técnico, qualidade da execução e impacto da supervisão na rotina de trabalho, bem como a visão dos donos das obras sobre a confiança, custos, satisfação e valorização do imóvel.

A coleta de dados foi realizada por meio de três técnicas principais, e as Figuras 01 e 02 trazem os modelos de questionários aplicados:

- a. Entrevistas semiestruturadas, aplicadas durante a execução das obras a trabalhadores da construção civil e clientes diretamente envolvidos nas obras;

- b. Questionários físicos, utilizados para obter dados quantitativos sobre qualidade percebida, atrasos, custos e retrabalhos;
- c. Análise documental, a partir de registros das obras (orçamentos, cronogramas, relatórios de execução, entre outros).

| Figuras 01 e 02 - Questionários Realizados para Trabalhadores e Proprietários                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Questionário para Trabalhadores da Construção Civil</b></p> <p><b>Objetivo:</b> Buscar compreender a percepção dos trabalhadores sobre a influência da supervisão técnica na qualidade e eficiência das obras.</p> <p>1. Você já trabalhou em obras com e sem supervisão técnica de um engenheiro civil? É possível identificar diferenças entre elas?</p> <p>2. Como você avalia a organização e segurança no trabalho em obras que contam com supervisão técnica?</p> <p>(a) Excelente<br/>(b) Boa<br/>(c) Regular<br/>(d) Ruim</p> <p>3. Você já teve dificuldades na execução do trabalho por falta de orientação técnica adequada?</p> <p>4. Em sua experiência, a supervisão técnica contribui para reduzir retrabalhos e desperdícios de materiais na obra?</p> <p>(a) Sim, reduz significativamente<br/>(b) Sim, reduz um pouco<br/>(c) Não vejo diferença<br/>(d) Não, o retrabalho continua alto</p> <p>5. Como você percebe a comunicação entre os trabalhadores e a equipe técnica (engenheiros e mestres de obra)?</p> <p>(a) Muito claro e eficiente<br/>(b) Razoável, mas pode melhorar<br/>(c) Pouco eficiente, há muitas falhas<br/>(d) Inexistente, não há diálogo</p> <p>6. Em termos de cumprimento de prazos, as obras com supervisão técnica costumam ser entregues dentro do cronograma previsto?</p> <p>(a) Sim, na maioria das vezes<br/>(b) Às vezes, depende da equipe<br/>(c) Não, há muitos atrasos</p> <p>7. Se você pudesse sugerir melhorias para aumentar a qualidade e eficiência da obra, quais seriam as principais mudanças que indicariam?</p> <p>8. Nas obras que você atua as decisões de adaptação de projeto e/ou correções e reparos na execução são tomadas:</p> | <p><b>Questionário para Clientes (Donos da Obra)</b></p> <p><b>Objetivo:</b> Buscar entender a percepção dos clientes sobre a importância da supervisão técnica do engenheiro civil na qualidade, custo e eficiência das obras.</p> <p>1. A sua obra conta com a presença de um engenheiro civil que supervisiona? Se sim, qual foi o principal motivo que o levou a contratar esse profissional?</p> <p>2. Caso não tenha contratado um engenheiro, qual foi a razão dessa decisão?</p> <p>(a) Custo elevado<br/>(b) Não achei necessário<br/>(c) Desconhecimento sobre a importância<br/>(d) Outro. Qual?</p> <p>3. Você percebe diferenças na qualidade de obras com e sem acompanhamento técnico? Se sim, quais são os principais aspectos que mudam?</p> <p>4. Como avalia o cumprimento de prazos na sua obra?</p> <p>(a) Foi entregue dentro do prazo previsto<br/>(b) Houve pequenos atrasos<br/>(c) Sofreu atrasos significativos</p> <p>5. Houve necessidade de retrabalho ou correções durante a execução da obra? Em caso afirmativo, por que você acha que esse problema ocorreu?</p> <p>6. Como avalia o custo-benefício da supervisão técnica do engenheiro na construção civil?</p> <p>(a) Vale muito a pena, pois evita erros e retrabalhos<br/>(b) É um investimento necessário, mas poderia ser mais acessível<br/>(c) Não vejo diferença significativa<br/>(d) Não vale a pena, encarece a obra sem benefícios claros</p> <p>7. Você considera a sua obra segura, durável e de boa qualidade?</p> <p>8. Você acredita que uma obra que foi supervisionada por engenheiro civil durante a sua execução pode ter um melhor valor no mercado?</p> <p>9. Caso pretenda realizar outra obra no futuro, você contrataria um engenheiro civil para a supervisão?</p> <p>(a) Sim, com certeza<br/>(b) Talvez, dependendo do custo<br/>(c) Não vejo necessidade</p> <p>10. Com relação ao orçamento aplicado para execução da obra:</p> |
| Fonte: Autoria própria, 2025.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Fonte: Autoria própria, 2025.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

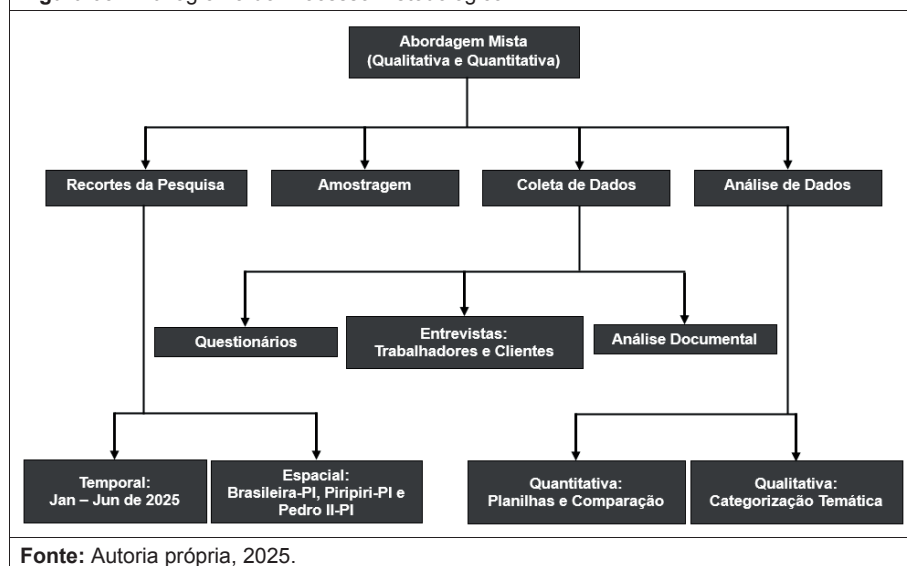
Os dados obtidos foram organizados por meio de *softwares* (recursos *Office*), de modo a permitir uma análise comparativa entre as obras com e sem supervisão técnica. Essa comparação buscou identificar padrões e diferenças significativas, contribuindo para responder às questões de pesquisa e testar as hipóteses levantadas.

Por fim, a análise dos resultados foi estruturada de forma comparativa entre as obras com e sem supervisão técnica, com o intuito de verificar como a presença do engenheiro civil interfere na eficiência, qualidade, segurança e nos custos de execução das construções avaliadas.

Para efeito de evidenciar os procedimentos metodológicos, é apresentado, na Figura 03, um fluxograma do “percurso” desenvolvi-

do, cuja finalidade é a obtenção de dados necessários à transparência do objetivo proposto.

**Figura 03 - Fluxograma do Processo Metodológico**



## 3.2 Resultados e Discussão

### 3.2.1 Documental e visitas

O primeiro instrumental de coleta consistiu na realização de visitas para acompanhamento temporal do desenvolvimento das etapas de ambas as obras, bem como a análise documental dos instrumentais disponibilizados. Essa prática permitiu avaliação e conclusão acerca de critérios relevantes como qualidade da obra, custos, retrabalhos e cumprimentos de prazos, permitindo estimar se há uma diferença significativa entre obras com supervisão técnica e obras em que não há acompanhamento.

A obra executada sem a supervisão técnica, que se iniciou no dia 23 de janeiro de 2025 e foi paralisada no dia 27 de fevereiro de 2025, localizada em Brasileira-PI, refere-se a uma residência unifamiliar de 92 m<sup>2</sup> e chamada de “médio porte”, executada através de recursos financeiros próprios. Foi acompanhada desde o início da

construção, sendo caracterizada por um modelo mais informal de gestão. Nesse modelo de construção não foram disponibilizados registros documentais formais, pois não havia sido feito contrato com profissionais habilitados, sendo esses registros reduzidos a um rascunho feito à mão pelo próprio construtor.

As informações técnicas e construtivas, quando fornecidas, eram repassadas de maneira verbal e sem padronização, limitando o controle da qualidade e o planejamento da obra. Além disso, o gerenciamento da construção também foi realizado pelo executor, sem registros técnicos formais, em que problemas e decisões operacionais eram verificados à medida em que surgiam. Para mais, o fluxo de trabalho adotado era de segunda-feira a sábado com pagamento equivalente a cada dia trabalhado (diária).

Vale ressaltar, também, que os materiais utilizados eram adquiridos conforme necessidade, sem especificação técnica, controle de consumo ou fiscalização de uso. A obra não chegou a ser finalizada no espaço delimitado do objeto de pesquisa, tendo sua estagnação ainda na fase de cobertura, conforme Figura 04.

A segunda obra avaliada, executada com supervisão técnica, está localizada em Piripiri-PI e teve início em 11 de fevereiro de 2025 com finalização em 20 de maio de 2025. A edificação refere-se a uma residência unifamiliar de pequeno porte, com 50 m<sup>2</sup> e executada através de recursos de crédito imobiliário, financiada pela Caixa Econômica Federal - CEF. A edificação em questão teve, em sua execução, acompanhamento técnico contínuo por um engenheiro civil registrado e responsável pelo projeto, execução e fiscalização. Como registros documentais, o responsável técnico forneceu projetos executivos, orçamento detalhado e cronograma físico-financeiro, permitindo um melhor controle do andamento e da qualidade da obra. A supervisão foi estruturada com reuniões frequentes, controle das etapas e constantes verificações de conformidade com os projetos e normas técnicas. Os materiais utilizados foram adquiridos de acordo com as especificações técnicas do projeto, com acompanhamento na escolha e uso dos insumos. A rotina da obra foi organizada com base em um cronograma previamente elaborado e seguido conforme as orientações do



responsável, de segunda a sexta-feira, com pagamento em valor fixo realizado a cada 15 dias (quinzena).

As Figuras 04 e 05 trazem uma primeira visão das edificações em suas fases, de estagnação e finalização, respectivamente. Assim como as Figuras 06 e 07 enfatizam as “plantas baixas”.

**Figuras 04 e 05 - Visões das Edificações em suas Fases**

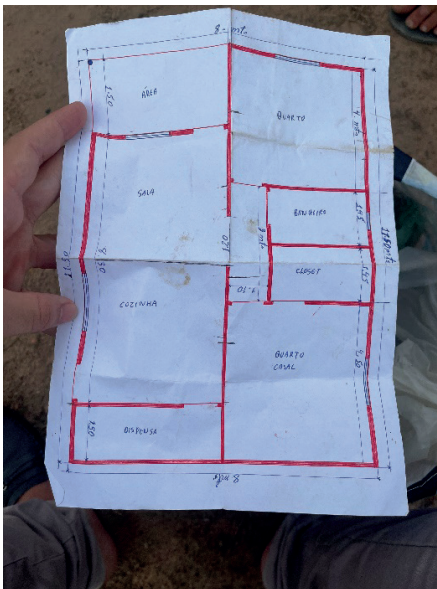


**Fonte:** Autoria Própria, 2025.

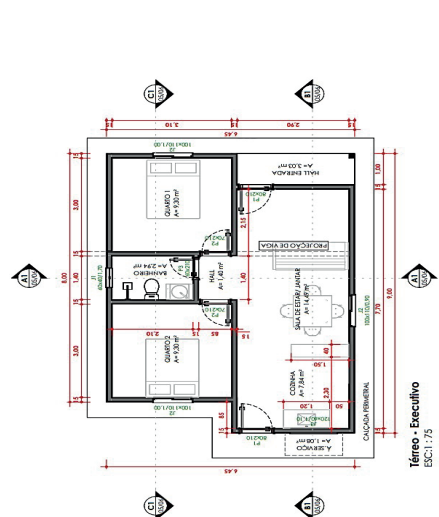


**Fonte:** Autoria Própria, 2025.

**Figuras 06 e 07 – Plantas Baixas**



**Fonte:** Autoria Própria, 2025.



**Fonte:** Construtora Otmizza, 2025.



Os dados coletados ao longo do estudo permitiram observar diferenças marcantes entre as obras com e sem supervisão técnica, especialmente nos aspectos relacionados à qualidade da execução, cumprimento de prazos, controle de custos e satisfação dos envolvidos.

### 3.2.2 Qualidade da obra

Através da análise visual realizada *in loco* e da análise documental, constatou-se que, na obra supervisionada por um engenheiro, houve maior cuidado em detalhes construtivos, uso de materiais e obediência às normas técnicas, colaborando para menor incidência de falhas visuais e estruturais. Notou-se que, na equipe de trabalho, houve mais preocupação com a qualidade de execução desde as etapas preliminares até as finais, resultando em uma estrutura mais segura, vedações eficientes e, conseqüentemente, uma qualidade adequada.

Na obra sem supervisão técnica, não foi possível identificar com clareza resultados referentes à sua qualidade final, já que houve pausa na execução dos serviços. Porém, a respeito da qualidade de execução, algumas não conformidades foram observadas, como o uso de treliças para execução de elementos estruturais (pilares), falta de vigamento superior, escoramentos inadequados, ausência de impermeabilização e incompatibilização de instalações elétricas nos elementos da estrutura.

Além disso, durante as visitas, de acordo com as Figuras 08, 09, 10, 11, 12 e 13 notou-se o uso inadequado de materiais assim como execução fora dos padrões estabelecidos. Os fatores citados podem contribuir com o aparecimento de manifestações patológicas futuras como recalques, fissuras, infiltrações, entre outras.

**Figuras 08 e 09** – Não Conformidades e uso Inadequado de Materiais na Obra sem Supervisão Técnica



**Fonte:** Autoria própria, 2025.



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

**Figuras 10 e 11** – Não Conformidades e uso Inadequado de Materiais na Obra sem Supervisão Técnica



**Fonte:** Autoria própria, 2025.



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

**Figuras 12 e 13** – Não Conformidades e Uso Inadequado de Materiais na Obra Sem Supervisão Técnica



**Fonte:** Autoria própria, 2025.



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

### 3.2.3 Custos e retrabalhos

De acordo com as visitas realizadas e cálculo estimado dos valores gastos por etapa, observou-se que a ausência de supervisão técnica na obra resultou em retrabalhos e falta organização das etapas construtivas, gerando um custo parcial aproximado, até a etapa de cobertura, de R\$ 27.000,00 (vinte e sete mil reais), equivalente aos custos de mão de obra e material.

Já na obra com engenheiro presente, como esperado, os custos tiveram um gerenciamento mais eficaz, com menor desperdício de materiais e maior eficiência na execução da mão de obra, resultando em um gasto total de R\$ 93.627,54 (noventa e três mil, seiscentos e vinte sete reais e cinquenta e quatro centavos) entre mão de obra e material.

Essa diferença de custos pode ser explicada por razões como a distância entre os dois municípios (em média 20 Km), que impacta diretamente nos valores de materiais e mão de obra. Observam-se que os resultados da primeira situação podem ser relacionados à falta da organização e programação de um cronograma físico-financeiro que promovesse estimativas de prazos e custos.

### 3.2.4 Cumprimento de prazos

Conforme a coleta e análise de dados, a obra com supervisão técnica, iniciada no dia 11 de fevereiro 2025 e finalizada no dia 20 maio do mesmo ano, evidenciando um intervalo de tempo para a conclusão de 70 dias total - 35 dias de execução de obra - apresentou um índice maior de cumprimento dos cronogramas estabelecidos, uma vez que a presença do engenheiro contribuiu para o controle diário das atividades e correção imediata de desvios.

Na obra sem acompanhamento, que teve início no dia 23 de janeiro de 2025 e não teve conclusão (houve uma pausa no dia 14 de fevereiro), sem tempo previsto para retorno, manifestaram atrasos e estagnação.

Na fase de execução das fundações, compreendendo a fase de escavação, preenchimento com pedra argamassada e viga baldrame, mesmo com uma diferença expressiva de 34,90 metros lineares entre as duas edificações, a diferença foi de apenas 3 dias. No levantamento dos dados e informações, ficou evidenciado que, na obra sem acompanhamento, o número de colaboradores era o dobro em relação a edificação com acompanhamento. Vale a pena salientar, ainda, que na obra de menor porte fora executada a fase de impermeabilização.

Quanto à discrepância no parâmetro de tempo, nas etapas de construção de alvenaria, pilares e vigas não é possível inferir e evidenciar o horizonte temporal, dada as circunstâncias de proporcionalidade na quantidade de levante de alvenaria e elementos estruturais. Não obstante a isso, a diferença de 8 dias pode ser explicada pela quantidade da própria alvenaria a ser executada em ambas as edificações, sendo 465,00 m<sup>2</sup> e 106,20 m<sup>2</sup>, respectivamente. Na fase de cobertura, a edificação com pequeno porte gastou 02 dias a mais em relação a outra edificação. Em termos gerais, era de se imaginar o contrário, e, conforme as fases da pesquisa, foi possível destacar que a mesma equipe executa mais de uma edificação ao mesmo tempo. Em contrapartida, a edificação de médio porte concentrou esforços com dois carpinteiros e dois serventes, nessa fase. Por fim, não foi possível fazer nenhuma espécie de comparação para a fase acabamento, por duas razões óbvias: a primeira é que uma das edificações estagnou nessa

fase e a segunda é que a fase de acabamento na edificação de baixo padrão foi executada de modo concomitante a outras etapas.

A Tabela 01 traz a linha de tempo de progressão das obras.

**Tabela 1** - Linha do Tempo de Progressão das Obras

| LINHA DO TEMPO DE PROGRESSÃO DAS OBRAS |                                                  |                            |           |               |                                |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|-----------|---------------|--------------------------------|
| OBRAS                                  | ETAPAS                                           |                            |           |               | Tempo Total de Execução (dias) |
|                                        | FUNDAÇÃO                                         | ALVENARIA, PILARES E VIGAS | COBERTURA | ACABAMENTOS   |                                |
|                                        | TEMPO DE CONCLUSÃO DESDE O INÍCIO DA OBRA (dias) |                            |           |               |                                |
| SEM ACOM-PANHAMENTO                    | 9                                                | 32                         | 3         | Não concluído | 44                             |
| COM ACOM-PANHAMENTO                    | 6                                                | 24                         | 5         | 14*           | 35                             |

**Fonte:** Autoria própria, 2025. (\*executadas em concomitância com etapas anteriores)

### 3.2.5 Entrevistas e questionários

Através desse instrumento, foram entrevistados 99 trabalhadores e 22 proprietários de obras, em municípios variados, e dentro do espaço amostral definido inicialmente, totalizando 121 entrevistadas.

#### 3.2.5.1 Percepção dos trabalhadores

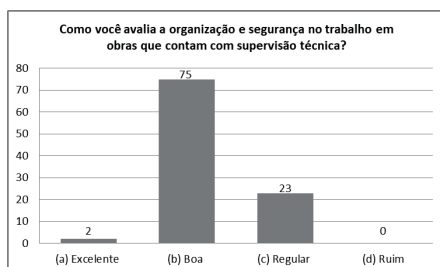
Quanto ao Instrumental intitulado “Questionário para Trabalhadores da Construção Civil”, a pergunta 01 trata de forma muito objetiva sobre a vivência do trabalhador de já ter atuado em obras com e sem acompanhamento e 100% afirmaram já ter passados pelas duas experiências, buscando destacar, sobretudo, a interpretação de projetos, segurança e o ambiente de convivência mais organizado. Como resultado, cerca de 25% julgou positiva a presença do profissional para o tempo de conclusão das obras.

Quando questionados sobre a dificuldade na execução de trabalhos por falta de orientação técnica adequada, uma grande parte dos trabalhadores confirmaram que já obtiveram dificuldade em relação a essa carência, e, devido a isso, os mesmos, por conta própria, decidiam o que deveria ser feito em determinada situação de dúvida ou solução. Entre outros, mesmo com a falta da orientação técnica de

um profissional, ainda eram instruídos por mestres de obra que atuavam no projeto em que se encontrava.

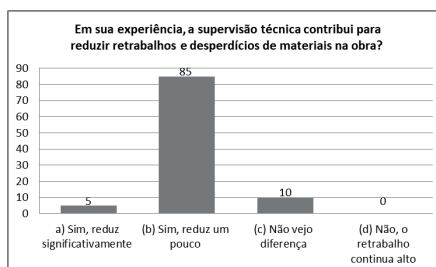
Da mesma forma, confirmando as inferências da questão anterior, o Gráfico 01 mostra a avaliação quanto à organização e segurança no trabalho como a presença de acompanhamento. Em relação a supervisão técnica, quando questionado de que modo contribui para reduzir retrabalhos e desperdícios de materiais nas obras, o Gráfico 02 demonstra as respostas dos trabalhadores, evidenciando a baixa percepção no que diz respeito ao desperdício, uma vez que 85% afirmam que “reduz um pouco”, contradizendo a prática real.

**Gráfico 01**



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

**Gráfico 02**



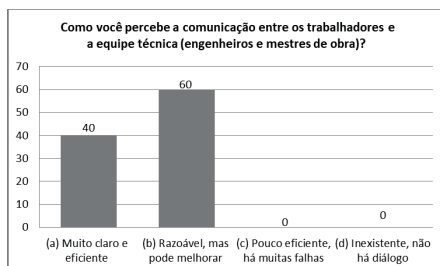
**Fonte:** Autoria própria, 2025.

Ao serem perguntado sobre como você percebe a comunicação entre os trabalhadores e a equipe técnica (engenheiros e mestre de obra), ficou notório que a presença do profissional é um facilitador no processo de comunicação, uma vez que 40% tratam como muito clara e eficiente e 60% acham importante, mas precisa melhorar.

Na sequência, em termos de cumprimentos de prazo, 15% destacam que a presença do profissional faz com que a obra seja entregue dentro do cronograma; em contrapartida, 85% julgam que, além do profissional, faz se necessário levar em conta a equipe envolvida. Tais evidências, quanto à comunicação e cumprimento de prazos, são demonstradas nos Gráficos 03 e 04.



**Gráfico 03**



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

**Gráfico 04**



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

Os colaboradores ainda foram levados a sugerir melhorias para aumentar a qualidade e eficiência. Neste ínterim, os relatos dão conta da necessidade de uma maior organização no canteiro, melhor distribuição de tarefas, qualificação da mão de obra e segurança no ambiente de trabalho. Fica demonstrado, pelos relatos, que, em obras sem engenheiro, há um ambiente de desorganização, falhas na comunicação e insegurança na execução.

Por fim, em relação a custo de execução, resolução de problemas, intermediação de conflitos e padrões de qualidade, há uma tendência natural, apontada pelos entrevistados, de que a presença do profissional auxilia de forma substancial em todos esses itens. Reafirmando assim, mais uma vez, que as experiências vivenciadas em obras sem o acompanhamento de profissional fazem com que as obras tenham essas dificuldades acentuadas.

### 3.2.5.2 Percepção dos clientes

Quanto ao Instrumental intitulado “Questionário para Clientes (donos das obras)”, que objetiva entender a percepção dos clientes sobre a importância da supervisão técnica do engenheiro civil na qualidade, custo e eficiência, ficou evidenciado que, dos 22 entrevistados, 18 contam com a supervisão do profissional.

Considera-se, assim, um número expressivo para a realidade local, em boa parte explicada pela ação de fiscalização do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Piauí (CREA-PI). Por outro

lado, os 4 entrevistados que afirmam não ter o acompanhamento atribuído ao custo elevado, ou simplesmente desnecessário.

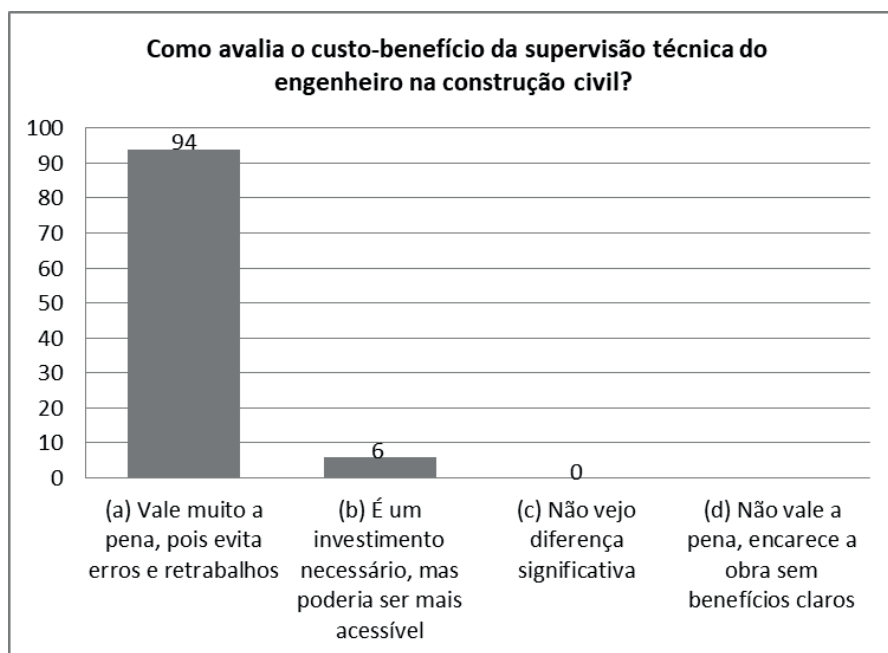
Pela vertente da percepção sobre qualidade da obra e cumprimento de prazos, 62% relatam que a sua obra foi entregue dentro do prazo previsto, 36% que houve atraso e somente 2% sofreram atrasos significativos.

Os clientes que contaram com supervisão técnica em suas obras relataram maior satisfação quanto à qualidade final, à economia e à previsibilidade dos prazos. Consideraram, ainda, que o acompanhamento profissional agregou valor ao imóvel e transmitiu mais segurança ao longo da execução. Em contrapartida, clientes de obras sem supervisão demonstraram insatisfação com atrasos, custos não previstos e a necessidade de retrabalho em diversas etapas.

Ainda questionados sobre a avaliação no quesito custo-benefício, 94% afirmam que vale muito a pena, pois evitam erros e retrabalhos, coincidindo assim com o mesmo percentual que afirmam ter o acompanhamento do profissional, como apresentado no Gráfico 05. Em contraponto, os poucos que afirmam não haver necessidade do profissional, assentam-se nas respostas de que, apesar de ser um investimento necessário, poderia ser mais acessível, corroborando com a afirmação anterior de que o custo é elevado.



Gráfico 05



Fonte: Autoria própria, 2025.

## 4 considerações finais

O presente estudo evidenciou, por meio de análises comparativas, a significativa influência que a supervisão técnica exercida por um engenheiro civil pode ter sobre os resultados de uma obra. A partir da observação e investigação das duas obras, foi possível constatar que a presença do profissional habilitado contribui diretamente para a organização do canteiro, a conformidade com as normas técnicas, a otimização de recursos e o cumprimento de prazos.

Os dados obtidos revelaram que obras sem acompanhamento técnico apresentam maior risco de falhas na execução, retrabalhos, desperdício de materiais, ausência de planejamento formal e, frequentemente, insatisfação por parte dos trabalhadores e clientes. Em contrapartida, a obra com supervisão técnica demonstrou melhor desempenho em termos de controle financeiro, qualidade construtiva e gestão do cronograma.

Os entrevistados também reconheceram a importância da figura do engenheiro como fator decisivo para a segurança, previsibilidade e valorização do empreendimento. Com base nos resultados, reforça-se que o acompanhamento técnico não deve ser visto como um custo adicional, mas sim como um investimento que assegura a integridade da obra e a tranquilidade dos envolvidos. Espera-se que os dados aqui apresentados possam contribuir para conscientizar a sociedade e os profissionais do setor quanto à importância da valorização da atuação do engenheiro civil nas obras.

## REFERÊNCIAS

CBIC. **A Importância da Construção Civil para a Economia Nacional**. Disponível em: <https://cbic.org.br/a-importancia-da-construcao-civil-para-a-economia-nacional/>. Acesso em: 7 set. 2024.

Construtora Otmizza, **Planta Baixa Projeto Executivo, Piripiri, PI, 2025**.

DE MORAIS, Caio Augusto Oliveira et al. **Obras Realizadas Sem Acompanhamento Técnico e Obras Acompanhadas por Engenheiros: Estudo Comparativo com Foco nas Patologias**. Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia, p. 08-09, 2020.

FONSECA, Pedro Cezar Dutra. **Sobre a intencionalidade da política industrializante do Brasil** na década de 1930. Brazilian Journal of Political Economy, v. 23, p. 138-153, 2020.

LIMA, Glêdson Pereira et al. **Projeto e Planejamento de Canteiro de Obras No Brasil: Uma Revisão Sobre as Boas Práticas e Ferramentas Utilizadas**. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, p. e55110918407-e55110918407, 2021.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CASA CIVIL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS

JURÍDICOS. **Lei Nº 6.496, de 7 de Dezembro de 1977**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6496.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6496.htm). Acesso em: 26 out. 2024

SALES, Luana Nayara Feitosa; CANDIDO, Luis Felipe; NETO, José de Paula Barros. **Estratégias para Melhoria da Produtividade na**

**Construção Civil: Uma Revisão Sistemática da Literatura.** ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 20, p. 1-15, 2024.

SCHUTZ, GUILHERME VARGAS. **A Importância do Acompanhamento Técnico em Obras de Pequeno Porte: Um Estudo de Caso.** 2023.

SILVA, Lucas de Freitas. **Avaliação da relevância da atuação do Engenheiro civil: um estudo de caso em obras de pequeno porte em Itaiçaba-CE.** 2021.

UNIT. **Como Surgiu a Engenharia Civil Conheça a História da Engenharia Civil e Seu Papel no Desenvolvimento da Humanidade. Descubra Como Essa Profissão Surgiu e Evoluiu ao Longo dos Séculos.** Disponível em: <https://www.unit.br/blog/como-surgiu-a-engenharia-civil>. Acesso em: 23 out. 2024

VALADARES, Alanna Bezerra; DA SILVA, Andrey Lucas Sousa; DA SILVEIRA, Heliel Eustáquio. **Gestão de Mão de Obra na Construção Civil e Sua Importância para a Eficiência na Produção: Uma Revisão.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 4, n. 1, 2024.

VARGAS, Ricardo Viana. **Análise de valor agregado em projetos.** 8ª. ed. Rio de Janeiro: BRASPORT, 2018.

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA DE DOIS TIPOS DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM PIRACURUCA-PI

*COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONSTRUCTIVE FEASIBILITY OF TWO  
TYPES OF CONTAINMENT STRUCTURES: A CASE STUDY IN PIRACURUCA-PI*

**Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri- PI

<https://orcid.org/0009-0001-1066-3479>

[soaresjunior485@gmail.com](mailto:soaresjunior485@gmail.com)

**Shayanne Pereira Sampaio**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri- PI

<https://orcid.org/0009-0001-0394-6227>

[shayannesampaio43@gmail.com](mailto:shayannesampaio43@gmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri- PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Marcos Vinícius Lopes dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4007-2917>

[marcosss2013@hotmail.com](mailto:marcosss2013@hotmail.com)

**Antônio Estevam da Costa Neto**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri- PI

<https://orcid.org/0009-0006-2584-368X>

[eng.estevamneto@gmail.com](mailto:eng.estevamneto@gmail.com)

**Domingos do Nascimento Sávio**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-8580-8783>

[saviomatem@yahoo.com.br](mailto:saviomatem@yahoo.com.br)

**Maysa Memória Martins**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-0964-7700>

[maysa\\_memoria@hotmail.com](mailto:maysa_memoria@hotmail.com)

**Amanda Héllen de Sousa Amaral**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0007-3475-9196>

[amandahellenamaral@hotmail.com](mailto:amandahellenamaral@hotmail.com)

**Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>

[natanael\\_mendes2@hotmail.com](mailto:natanael_mendes2@hotmail.com)

**RESUMO**

O estudo investiga a viabilidade de diversas categorias de muros de contenção, considerando sua importância histórica e funcional. Duas abordagens principais são analisadas: o muro de pedra com argamassa e o muro de flexão em concreto armado, levando em consideração fatores como resistência, custo, execução e impacto ambiental.

O propósito fundamental do estudo é comparar essas estruturas, enfatizando suas vantagens e desvantagens, sob os aspectos econômico e construtivo. Em particular, busca-se investigar as propriedades do solo, os efeitos ambientais, resistência da estrutura e a relação custo-benefício de cada uma das opções. A abordagem adotada integra tanto análises descritivas quanto comparativas, utilizando métodos qualitativos e quantitativos. O foco da pesquisa é um terreno situado em Piracuruca - Piauí, levando em conta aspectos como orçamento, prazo de execução, conservação e sustentabilidade. Para a obtenção de dados, realizam-se revisões bibliográficas dimensionamento das estruturas e análises de custos. Assim, o objetivo do estudo é fornecer diretrizes técnicas que assegurem segurança e eficiência econômica na seleção da solução mais adequada para contenção.

**PALAVRAS CHAVE:** Solo; Contenção; Resistência; Dimensionamento; Custo.

## ABSTRACT

The study investigates the viability of several categories of retaining walls, considering their historical and functional importance. Two main approaches are analyzed: the stone masonry wall with mortar and the reinforced concrete cantilever retaining wall, taking into account factors such as strength, cost, construction, and environmental impact. The fundamental aim of the study is to compare these structures, emphasizing their advantages and disadvantages from economic and construction perspectives. In particular, it seeks to examine the soil properties, environmental effects, structural strength, and the cost-benefit ratio of each option. The adopted approach integrates both descriptive and comparative analyses, using qualitative and quantitative methods. The research focuses on a site located in Piracuruca, Piauí, considering aspects such as budget, construction period, maintenance, and sustainability. To collect data, bibliographic reviews, structural design, and cost analyses were carried out. Thus, the objective of the study is to provide technical guidelines that ensure safety and economic efficiency in selecting the most appropriate retaining wall solution.

**KEYWORDS:** Soil; Retaining walls; Strength; Structural Design; Cost.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de estruturas de contenção remonta à antiguidade, com registros que datam da Mesopotâmia, entre 3200 e 2800 a.C., demonstrando a importância dessas técnicas ao longo da história. Desde então, essas estruturas têm sido fundamentais para resistir aos empuxos e tensões provocados por massas de solo (Hachich et al. 1998 apud Correa, 2022).

Conforme descrito por Feroldi (2022), os muros de pedra seca são os mais antigos e comuns. No entanto, atualmente, seu uso tem sido raro devido ao alto custo e à escassez de mão de obra especializada. Por outro lado, os muros de pedra com argamassa são bastante parecidos com os muros de pedra seca, mas se diferenciam pelo uso de argamassa de cimento e areia para unir e fixar as pedras, preenchendo as juntas e tornando a estrutura mais rígida. Essa técnica, porém, reduz a capacidade de drenagem natural dos muros, exigindo a instalação de sistemas de drenagem convencionais, como drenos de areia ou geossintéticos.

Além dos muros de pedra, outra solução bastante utilizada em projetos de contenção são os muros de flexão em concreto armado. Essa técnica é caracterizada pelo uso de concreto reforçado com armaduras de aço, o que garante maior resistência e capacidade de absorver as tensões causadas pelo peso da terra. De acordo com Canova (2021), os muros de flexão em concreto armado se destacam como uma solução eficiente para resistir a elevadas pressões em terrenos com inclinação. A sua robustez e a habilidade de se ajustarem a variados tipos de solo torna-os uma alternativa segura para regiões urbanas.

Neste artigo, identificamos os principais critérios a serem considerados para projetar um muro de contenção em terrenos elevados, avaliando qual oferece o melhor custo-benefício e qual tipo de muro é mais adequado para cada situação. A decisão entre utilizar muros de pedra argamassada ou de concreto armado está atrelada a aspectos como a natureza do solo, a altura do talude e as condições de drenagem do local. Os muros de pedra argamassada são indicados para áreas que priorizam uma aparência rústica e a drenagem natural,

enquanto os muros de concreto armado são mais adequados para contextos que demandam uma resistência estrutural superior. Portanto, uma análise cuidadosa de cada situação é fundamental para assegurar a eficácia e a longevidade da estrutura de contenção. O artigo também busca comparar os desempenhos dos muros de flexão em concreto armado com os muros feitos em pedra argamassada, a fim de oferecer recomendações técnicas que aliem segurança estrutural e viabilidade econômica.

Apresenta-se assim, o comparativo econômico do dimensionamento dos tipos de estrutura de contenção para solucionar o desnível de um lote residencial situado no município de Piracuruca-PI. A construção de estruturas de contenção é fundamental para terrenos com declive ou acentuação. Em áreas inclinadas, o muro de arrimo ou contenção desempenha um papel crucial ao prevenir a erosão e o deslizamento de terra, evitando, assim, o colapso de edificações devido ao movimento do solo (Lopes, 2019).

Na escolha do tipo de contenção a ser utilizada em terrenos acidentados com graus elevados de declive, é fundamental considerar três fatores essenciais: aspectos econômicos, geotécnicos e físicos do terreno. O fator econômico abrange a disponibilidade de materiais adequados, a qualificação da mão de obra, o prazo de execução e o custo total do projeto (Célere, 2022). A escolha da estrutura de contenção apropriada para esses terrenos com inclinações acentuadas requer uma análise cuidadosa, levando em conta a viabilidade da execução, que está diretamente relacionada à disponibilidade de mão de obra qualificada e aos materiais disponíveis na região onde a obra será realizada.

Nesse sentido, o artigo em tela está organizado de forma lógica e didática, partindo dessa breve introdução e tratando, em seguida, de um referencial teórico substancial, que aborda conceitos fundamentais do estudo. Não obstante a isso, têm-se agrupados os procedimentos metodológicos, resultados e discussão, num encadeamento de informações diligenciadas para subsidiar os argumentos. Por fim, são feitas as conclusões, ou como queiram, as considerações finais inerentes ao trabalho.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Estruturas de CONTENÇÃO

As estruturas de contenção são sistemas projetados para estabilizar terrenos inclinados, evitando deslizamentos e erosões. Sua presença é fundamental para aguentar as forças do solo, promovendo a segurança tanto das construções quanto das áreas próximas. Essas estruturas funcionam como barreiras físicas, regulando o deslocamento do solo e garantindo a integridade do terreno e das edificações circundantes (Camargo, 2024).

Essas estruturas têm um papel fundamental em áreas urbanas suscetíveis a deslizamentos, especialmente em regiões com construções em terrenos inclinados. O principal objetivo dessas estruturas é estabilizar o solo, evitando sua instabilidade e assegurando a proteção de edificações e vias adjacentes. Além disso, elas ajudam a minimizar a erosão do solo, que pode ser intensificada por chuvas fortes ou alterações bruscas na topografia (Carvalho, 2022).

A utilização é fundamental para garantir a estabilidade de encostas e taludes, especialmente em regiões onde as características geológicas não possibilitam escavações em ângulos seguros. Essas estruturas são especialmente eficientes em locais com espaço horizontal restrito, proporcionando segurança a obras e infraestruturas em terrenos que tendem a instabilidade (Correa, 2022).

#### 2.1.1 Tipos de estruturas de contenção

A seleção da estrutura de contenção mais adequada varia de acordo com as condições do terreno e o orçamento disponível. Dentre as opções frequentemente empregadas, sobressaem-se o muro de pedra argamassada e o muro de flexão em concreto armado, ambos com características próprias.

##### 2.1.1.1 Muro de pedra argamassada

Este tipo de muro é constituído por pedras naturais, unidas por uma mistura de cimento e areia, conforme ilustrado pelas Figuras 01

e 02, logo abaixo. Uma de suas principais vantagens é a durabilidade, aliada ao apelo estético, sendo especialmente popular em áreas onde se busca uma estética rústica ou tradicional. Contudo, o uso de argamassa diminui a capacidade de drenagem natural das pedras, exigindo a instalação de sistemas de drenagem artificial, como drenos de areia ou materiais sintéticos, para evitar problemas relacionados à infiltração de água (Silva, 2022).

### **Figuras 01 e 02 - Muro de pedra argamassada**



**Fonte:** Mgwconstrucaoreforma, 2025.



**Fonte:** Neoipsum, 2023.

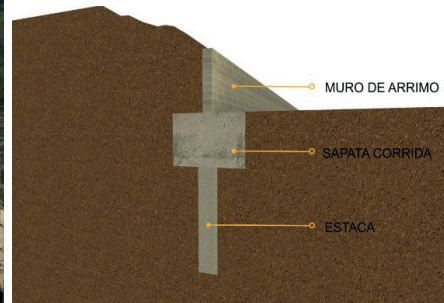
### **2.1.1.2 Muro de flexão em concreto armado**

Essa construção é feita com concreto armado incorporada por aço, garantindo uma resistência elevada, conforme Figuras 03 e 04. É particularmente adequada para terrenos que necessitam de um suporte significativo, especialmente em áreas com inclinações acentuadas ou onde há pressão excessiva do solo. Sua durabilidade e solidez fazem deste tipo de muro uma escolha ideal para ambientes urbanos e locais que requerem uma contenção mais segura. Além disso, o concreto armado é um material essencial na construção civil, sendo amplamente utilizado em diversos tipos de edificações devido à sua combinação de durabilidade, resistência e flexibilidade (Vitor, 2024).

### Figuras 03 e 04 – Muro de flexão



Fonte: Vitor, 2024.



Fonte: Retondo, 2021.

### 2.1.2 Escolha do tipo de contenção

A seleção da estrutura de contenção deve levar em consideração não só a segurança, mas também a relação custo-benefício, a planialtimétrica, as curvas de nível, as características dos solos e a análise de mercado. Para tanto, é imprescindível realizar um estudo preliminar que reúna essas informações, as quais serão fundamentais na definição do tipo de contenção a ser utilizado. É essencial analisar minuciosamente elementos como o preço dos materiais, a disponibilidade da mão de obra e as características do terreno.

Um exemplo relevante é o estudo que compara muros de pedra argamassada e muros de flexão em concreto armado. Nele, é abordado como os muros de pedra argamassada são uma alternativa econômica e viável para áreas que demandam menor resistência estrutural, mas podem não ser adequados para terrenos que exigem contenção mais robusta, devido à maior pressão do solo e à necessidade de durabilidade em condições extremas. Em contrapartida, os muros de flexão em concreto armado oferecem alta resistência e são indicados para terrenos instáveis ou com inclinações acentuadas, garantindo maior segurança e durabilidade ao custo de um investimento inicial mais elevado (Silva, 2022; Sousa, 2021).

Em contrapartida, os muros de concreto armado, embora apresentem um investimento inicial mais alto, proporcionam maior durabilidade e resistência, sendo recomendados para áreas com movimentação significativa de solo ou alto tráfego. A viabilidade de cada opção

deve ser avaliada em relação aos custos de construção e manutenção, assim como às exigências do projeto (Silva, 2022).

Assim, a seleção da estrutura de contenção precisa harmonizar a segurança estrutural com a viabilidade econômica, almejando a solução mais eficaz para o projeto. Análises comparativas são fundamentais para identificar a opção mais benéfica, especialmente em grandes construções, onde o impacto financeiro pode ser considerável (Sousa, 2021).

Os métodos de contenção se diferenciam não apenas pela técnica usada, mas também pela maneira como são executados. A escolha da forma de execução e de escavação depende de fatores como a possibilidade de instalação de tirantes em terrenos vizinhos, a altura da escavação e a geometria da estrutura. Além disso, a disponibilidade de equipamentos e a experiência dos profissionais envolvidos podem influenciar na escolha do método mais adequado.

As formas de execução podem ser definidas em duas categorias: de cima para baixo (*top-down*) ou de baixo para cima (*bottom-up*). O sistema *top-down*, em particular, oferece a vantagem de fornecer alta restrição de contenção em todas as fases da escavação, além de causar pouca interferência nas propriedades vizinhas, o que é essencial em alguns casos. Por outro lado, o sistema *bottom-up* consiste na execução tradicional da escavação, onde a estrutura é construída de baixo para cima, permitindo maior flexibilidade na execução e menor custo em alguns casos, especialmente quando não há restrições significativas em relação aos terrenos vizinhos (Cava, 2018).

Os principais fatores a serem considerados em uma análise de contenções de solo estão apresentados no Quadro 01:

**Quadro 01-** Fatores para análise de contenções de solo

| Fatores                | Caracterização                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Custo                  | O custo final de um determinado modelo está presente não apenas em análise de contenções de solos, mas sim em qualquer problema de engenharia e viabilizando uma determinada solução.                                                                    |
| Geometria da Escavação | A geometria viabiliza ou não determinados modelos como, por exemplo, a utilização de escoramentos no lugar de tirantes. Quanto maior a profundidade, maiores serão as cargas e, portanto, maiores os deslocamentos, limitando alguns modelos de solução. |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Condição do Solo        | A resistência do solo é um fator importante a ser analisado, pois necessita de escavação. A presença, por exemplo, de solos moles abaixo do lençol freático resulta em dificuldades para contenções com escavação sem paredes concretadas. Outro exemplo seria a presença de matacões que dificultam a utilização de paredes diafragma. |
| Presença de água        | A determinação do lençol freático é importante, pois pode acabar inviabilizando alguns modelos de contenção.                                                                                                                                                                                                                            |
| Vizinhança              | A adoção de um modelo que não prejudique a vizinhança é essencial. Modelos de contenção com vibrações, por exemplo, podem causar danos em estruturas vizinhas e, conseqüentemente, aumentar o custo.                                                                                                                                    |
| Canteiro disponível     | A dimensão do canteiro deve ser analisada para verificar a possibilidade de utilização de modelos de contenção, como por exemplo, o uso de <i>Clam-Shells</i> e etc.                                                                                                                                                                    |
| Durabilidade da solução | A durabilidade é avaliada para ver a necessidade de uso de contenções provisórias ou permanentes.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Agressividade ao meio   | A presença de agentes contaminantes e agressivos ao meio podem inviabilizar alguns modelos de contenção que utilizem, por exemplo, perfis metálicos.                                                                                                                                                                                    |
| Velocidade construtiva  | O tempo é fator importante em obras de engenharia e, muitas das vezes, o cliente precisa de soluções rápidas. Dessa forma, o modelo construtivo deve atender essas necessidades.                                                                                                                                                        |

**Fonte:** Próprios Autores, 2025.

### 2.1.3 Fatores preponderantes: empuxo e estudo de solo

O empuxo de terra é um fator determinante na estabilidade de estruturas de contenção, como muros de arrimo e fundações, pois refere-se à pressão exercida pelo solo sobre essas construções. Esse fenômeno pode ser analisado com base em diferentes abordagens teóricas, sendo as mais utilizadas as de Coulomb e Rankine, cujas aplicações variam de acordo com as condições do solo e o tipo de estrutura em questão. A magnitude do empuxo é influenciada por diversos fatores, incluindo a coesão do solo, o ângulo de atrito interno e a presença de lençóis freáticos, os quais podem comprometer a estabilidade da estrutura ao exercerem uma pressão adicional sobre os elementos de contenção (Oliveira, 2024).

O tipo de contenção deve ser definido com auxílio do estudo do solo, analisando informações obtidas por meio de sondagens e ensaios geotécnicos.

Empuxo é a resultante das pressões laterais, de terra ou de água, que atuam sobre uma estrutura de arrimo. Geralmente calculado por uma faixa de largura unitária da estrutura de arrimo, não se considerando as forças que atuariam sobre as superfícies laterais dessas faixas. De acordo com Martins (2024), existem três distintos empuxos, os quais serão apresentados a seguir:

- Empuxo no repouso: a massa de solo se mantém em equilíbrio perfeito, sem deformações em sua estrutura, geralmente equilibrada lateralmente pela continuidade do maciço em todas as direções;
- Empuxo ativo: quando o paramento se “afasta” do solo. Nesse caso, o solo sofre uma distensão por esse afastamento do plano de contenção, mobilizando sua resistência interna de cisalhamento.
- Empuxo passivo: o solo sofre compressão pela aproximação do plano de contenção. Nesse caso, são mobilizadas tensões de cisalhamento para resistir a essa compressão.

O estudo do solo é essencial para a concepção e dimensionamento de obras geotécnicas, pois permite avaliar suas características e propriedades mecânicas. A caracterização geotécnica do solo envolve ensaios como o de penetração (SPT), a análise granulométrica, determinação dos limites de Atterberg e, ainda, a possibilidade de adquirir dados característicos do solo para dimensionamentos através de ensaios de laboratórios, os quais fornecem dados fundamentais sobre a resistência, a permeabilidade e a deformabilidade do material (Lima, 2022).

O estudo do solo, também conhecido como estudo geotécnico, é a avaliação das condições do terreno com objetivo de identificar sua capacidade de carga, comportamento, estabilidade e diversas propriedades físicas e químicas (Carvalho, 2019).

### 2.1.3.1 Tipos de estudo do solo

Análise, coleta e ensaio em campo (*in loco*) consiste na observação do solo e suas amostras, até mesmo por fotografia, para



realizar um planejamento inicial sobre as medidas e ensaios que serão necessários, visto que os diferentes tipos de solos não são submetidos, em sua totalidade, aos mesmos ensaios.

A composição do solo, seja ele argiloso, arenoso ou silte, afeta diretamente a estabilidade das estruturas e pode demandar medidas de reforço ou tratamento do terreno para garantir a segurança e durabilidade das edificações. Dessa forma, o correto entendimento dos parâmetros geotécnicos é indispensável para minimizar riscos e evitar falhas estruturais em projetos de engenharia civil (Canan, 2024).

O tipo de análise irá depender principalmente do porte e função do empreendimento. Em alguns casos, os ensaios em campo serão suficientes para determinar as informações necessárias; em outros, será preciso realizar diversas sondagens e coletas para estudo em laboratório.

Na sondagem do solo os dados geotécnicos podem ser obtidos através de diferentes métodos de sondagem. A sondagem mais utilizada na construção civil é a sondagem SPT, também chamada de sondagem à percussão.

Esse tipo de análise fornece informações como perfil do solo, nível do lençol freático, resistência à penetração, entre outras. A sondagem pode ainda ser utilizada para adquirir amostras do solo para que sejam analisadas, posteriormente, em laboratório.

Quanto aos ensaios geotécnicos existem diversos ensaios que auxiliam na identificação de índices e propriedades do solo. Alguns deles são: a) Ensaios de Compactação Proctor; b) Ensaios de CBR; c) Ensaios de Permeabilidade; d) Ensaios de Cisalhamento Direto; e) Ensaios de Adensamento Unidimensional; f) Teor de Umidade.

Já projeto e dimensionamento a partir dos dados encontrados, é possível definir a resistência do solo em suas diferentes camadas, composição, nível do lençol freático, viscosidade, compactação, entre outros fatores que são de extrema importância para o dimensionamento dos elementos do projeto de fundação.

Havendo a necessidade, também são feitos os cálculos de volume de corte e aterro, cujo fim é encontrar a cota ideal do terreno, para que haja a redução, ao máximo, dos custos de movimentação de terra e compactação.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Para a realização do estudo, o objeto definido foi um terreno situado no município de Piracuruca, estado do Piauí (Rua Pref. Luís de Moraes Menezes, Nº 250, bairro de Fátima). As Figuras 05, 06 e 07 apresentam o local do terreno, em declive, extraída pelo Google Earth.

Figuras 05, 06 e 07 - Terreno em estudo



Fonte: Google Earth, 2025.

O estudo é, portanto, de natureza descritiva e comparativa, com abordagem mista, qualitativa e quantitativa, uma vez que visa entender as características e os métodos de construção de diferentes tipos de estruturas de contenção. Uma abordagem comparativa foi utilizada para avaliar e comparar a abordagem construtiva de cada estrutura.

Na etapa de delimitação de pesquisa teórica, fez-se necessária a definição dos tipos de estruturas de contenção, com a análise se concentrando em dois tipos de estruturas de contenção mais utilizados na região. Dessa forma, a pesquisa de base bibliográfica e documental tomou como referência artigos científicos, normas técnicas, livros, relatórios de construção e estudos de caso sobre os tipos de estruturas de contenção, bem como a comparação de custo e viabilidade. Foram tratados assim as bases conceituais de muro de pedra argamassada, sendo definido como sendo aquele constituído por pedras naturais, unidas por uma mistura de cimento e areia, e muro de



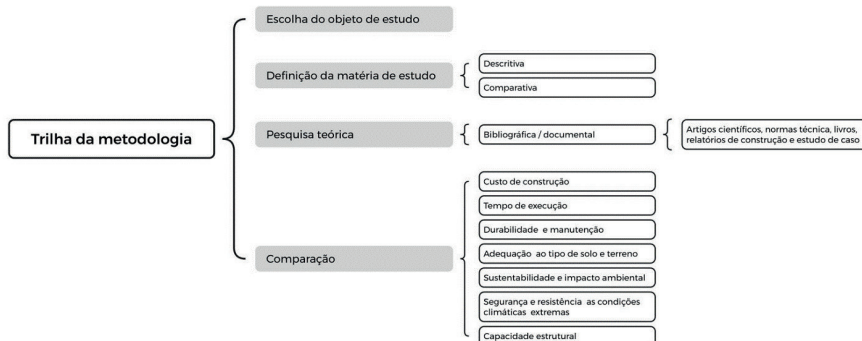
flexão em concreto armado, definido como sendo a construção feita com concreto armado que incorpora aço, cimento e areia, garantindo uma resistência elevada.

Na etapa de comparação entre os dois sistemas construtivos, foram definidos os critérios para estabelecer tais diferenças: a) custo de construção – envolvendo análise do custo de materiais, mão de obra e equipamentos; b) tempo de execução – levando em conta o tempo médio necessário para a construção de cada tipo de estrutura; c) durabilidade e manutenção – sendo entendido como a vida útil estimada e frequência de manutenção ordinária para cada estrutura; d) adequação ao tipo de solo e terreno – sendo feita a avaliação da eficácia de cada estrutura em diferentes tipos de solo e em locais inclinados; e) sustentabilidade e impacto ambiental – inferindo-se sobre o impacto ambiental e sustentabilidade dos materiais e métodos utilizados; f) segurança e resistência às condições climáticas extremas – sendo caracterizada a resistência de cada tipo de estrutura a fatores como chuva intensa e mudanças de temperatura; g) capacidade estrutural – considerando o tipo de esforço principal, altura de execução e flexibilidade estrutural.

A fundamentação final parte da lógica de uma análise quantitativa feita por meio da comparação dos custos de construção de cada tipo de estrutura e sua durabilidade, visando exaltar a relação de custo-benefício que ajuda a indicar a viabilidade econômica de cada solução.

Para melhor compreender o trabalho metodológico do artigo em análise, vejamos o fluxograma abaixo conforme Figura 06, representando toda a trajetória estabelecida para tal objetivo:

**Figura 06 – Fluxograma da trajetória metodológicos**



**Fonte:** Próprios Autores, 2025.

## 1.2 Resultados e Discussão

Considerando os pontos de base comparativa levantados, temos que, quanto ao custo de construção, pela própria natureza e especificidade, o muro em concreto armado se mostra menos vantajoso, em função da própria indústria da construção civil, sobretudo pelo elevado custo do aço, a execução de formas e, quase sempre, a necessidade de mão de obra especializada, quando comparada ao muro de pedra argamassada, que usa técnicas rudimentares de execução. Para a arquiteta e urbanista Ludmila, redatora do site projetos, o muro em alvenaria de pedra, especialmente quando argamassado, destaca-se por sua simplicidade construtiva e baixo custo. Entretanto, ao utilizar argamassa, a capacidade drenante natural do muro é comprometida, exigindo a instalação de dispositivos de drenagem, como drenos de areia ou tubos de barbacãs, para garantir a segurança da contenção (Projetou blog, 2025).

Por outro lado, os muros de concreto armado, embora ofereçam maior resistência e capacidade de suportar cargas significativas, demandam maior investimento. A execução desse tipo de estrutura envolve a utilização de formas, armaduras de aço e concreto, além de exigir mão de obra especializada para garantir a qualidade e segurança da obra. Esses fatores contribuem para um custo de construção mais elevado em comparação aos muros de alvenaria de pedra (Araújo; Oliveira, 2021).

Quanto ao tempo de execução, temos uma dubiedade entre os dois sistemas. A técnica artesanal de execução da estrutura de pedra argamassada demanda tempo maior em função da própria natureza e do trabalho manual; já a execução em concreto armado demanda tempo no processo montagem, forma e desforma, respeitando o tempo de cura. Por outro lado, algumas inovações, em técnicas construtivas e o uso de materiais como formas modulares, fazem com que o sistema leve vantagem. Embora a técnica artesanal de pedra argamassada seja mais demorada, devido à sua natureza manual, o concreto armado, especialmente com o uso de formas modulares, apresenta vantagens significativas em termos de tempo de execução e eficiência (Siege, 2025).

Em relação à durabilidade e manutenção, os muros de pedra argamassada apresentam elevada durabilidade, especialmente em regiões de clima seco, e baixa necessidade de manutenção ao longo do tempo. As intervenções normalmente se restringem à reposição de rejuntas e ao controle do crescimento de vegetação, o que resulta em um custo de manutenção reduzido. Já os muros de flexão em concreto armado, embora também apresentem boa durabilidade, estão mais sujeitos a patologias como fissuras, infiltrações e corrosão das armaduras, especialmente em ambientes úmidos.

Nesses casos, a manutenção se torna mais frequente e tecnicamente mais exigente, podendo demandar inspeções, recuperação do concreto e tratamento das armaduras expostas. Para Helene e Pereira (2000), os muros de concreto armado em flexão oferecem maior flexibilidade de projeto, especialmente em terrenos com grandes alturas, ações dinâmicas ou espaço reduzido. No entanto, essa tipologia está mais sujeita a processos patológicos, sobretudo em ambientes úmidos ou com presença de agentes agressivos.

De acordo com a adequação ao tipo de solo e terreno, o muro de pedra argamassada adapta-se bem a terrenos com topografia irregular, como encostas e áreas rochosas, sendo uma solução eficiente nesses contextos. Contudo, sua aplicação em solos instáveis exige cuidados específicos no dimensionamento da fundação, a fim de garantir a estabilidade da estrutura. Já o muro de concreto armado apresenta maior flexibilidade de uso, podendo ser implantado em

diferentes tipos de solo, incluindo aqueles com baixa resistência, desde que sejam realizados estudos geotécnicos e adotadas fundações compatíveis com as cargas atuantes. Os muros de concreto armado oferecem maior flexibilidade de aplicação, adaptando-se a diferentes situações de carga e tipo de solo, inclusive em terrenos de baixa resistência, desde que precedidos por estudos geotécnicos adequados. A versatilidade construtiva e o comportamento estrutural do concreto armado permitem soluções otimizadas em termos de forma, altura e fundação (Terra Firme, 2017).

Por conseguinte, quanto à sustentabilidade e impacto ambiental, a utilização de muro de pedra argamassada pode ser considerada ambientalmente mais sustentável, sobretudo quando se empregam materiais provenientes da própria região, reduzindo o impacto ambiental relacionado ao transporte e à extração. Já o muro de concreto armado apresenta maior impacto ambiental, principalmente em função do uso intensivo de cimento e aço. No entanto, esse impacto pode ser atenuado com a adoção de práticas como o uso de concretos sustentáveis ou com adições minerais recicladas.

Muros de pedra argamassada têm um impacto ambiental menor quando comparados aos muros de concreto armado, sobretudo se as pedras forem extraídas, localmente. Isso reduz as emissões relacionadas ao transporte e evita a exploração excessiva de recursos distantes. Além disso, a pedra é um material natural, durável e com pouca necessidade de processamento, o que diminui o consumo energético durante sua produção. O uso da argamassa, dependendo da sua composição, pode representar um impacto moderado, mas ainda assim inferior ao do concreto convencional.

Por outro lado, os muros de concreto armado demandam materiais com alto custo ambiental, como o cimento, cuja produção é responsável por cerca de 7% das emissões globais de  $\text{CO}_2$ , e o aço, que também envolve processos intensivos em energia (Lactec, 2019). O concreto tradicional, portanto, apresenta maior pegada ambiental. Contudo, avanços tecnológicos têm permitido o desenvolvimento de concretos sustentáveis, que incorporam resíduos industriais (cinzas volantes, escórias de alto-forno, microsílica) e reciclados, além da utilização de cimentos de baixo carbono, o que pode reduzir significati-

vamente seu impacto ambiental. Além disso, técnicas como o projeto racionalizado para otimização do uso de materiais e a reutilização do concreto em demolições contribuem para uma construção mais sustentável (Castro; Moraes, 2014).

Ainda, é importante considerar a durabilidade e a manutenção das estruturas, pois um muro mais durável, mesmo que inicialmente mais impactante, pode ser mais sustentável a longo prazo por exigir menos reparos e substituições.

Destarte, à segurança e resistência às condições climáticas extremas, ambos os sistemas se mostram eficazes quando corretamente projetados e executados. O muro de pedra argamassada responde bem às variações climáticas, desde que receba impermeabilização adequada e sistemas eficientes de drenagem para evitar infiltrações e danos. Sua permeabilidade permite certa flexibilidade térmica, reduzindo fissuras. Já o muro de concreto armado oferece maior capacidade estrutural, resistindo a cargas elevadas, esforços dinâmicos e ações sísmicas, sendo ideal para projetos que exigem alta segurança. Sua impermeabilidade e rigidez, combinadas com um bom sistema de drenagem, garantem maior durabilidade mesmo em condições ambientais severas (Gil, 2018).

Outrossim, a capacidade estrutural dos muros de pedra argamassada fundamenta-se principalmente no peso próprio da estrutura e na resistência ao empuxo do solo, caracterizando-se como um muro de gravidade rígido. Essa limitação restringe sua aplicação a alturas próximas a 3,0 metros, devido à baixa flexibilidade e à reduzida capacidade de absorção de deformações e esforços adicionais, o que pode comprometer sua estabilidade em condições adversas. Em contrapartida, os muros de concreto armado possuem sua resistência garantida pela armadura metálica e pelo comportamento flexo-compressivo do conjunto, o que possibilita o dimensionamento para grandes alturas, frequentemente superiores a 6,0 metros.

Essa configuração confere ao muro de concreto armado elevada capacidade de absorção de esforços e permite deformações controladas, resultando em uma estrutura mais resistente e adaptável a diferentes condições de carregamento e terreno. Segundo JMEng Diagnóstica (2022), a baixa ductilidade e flexibilidade da pedra arga-

massada comprometem sua capacidade de absorver deformações, tornando-a suscetível a fissuras e falhas em condições de carregamento dinâmico ou solos com movimentações significativas.

A seguir no Quadro 02, são apresentadas as etapas utilizadas para realizar a comparação entre os dois sistemas construtivos. Cada fase do processo foi organizada de forma a permitir uma análise criteriosa, considerando os principais aspectos envolvidos em cada método de construção.

**Quadro 02-** Quadro síntese comparativo

| Base de Comparação                                       | Muro de Pedra Argamassada                                                                                   | Muro de Concreto Armado                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Custo de construção                                      | Mais baixo, especialmente quando há disponibilidade local de pedras.                                        | Alto custo, devido ao uso de aço, formas, concreto e mão de obra especializada.                                                                                      |
| Tempo de execução                                        | Mais demorado, pois exige encaixe manual das pedras e trabalho artesanal.                                   | Mais rápido, principalmente com uso de formas modulares e concretagem em etapas.                                                                                     |
| Durabilidade e manutenção                                | Alta durabilidade com pouca manutenção, especialmente em regiões secas.                                     | Alta durabilidade, porém pode exigir manutenção em caso de fissuras, infiltrações ou corrosão da armadura.                                                           |
| Adequação ao tipo de solo e terreno                      | Boa para terrenos rochosos ou em declive; exige fundação adequada para solos instáveis.                     | Requer fundação bem dimensionada, mas é mais versátil e aplicável em qualquer tipo de solo com o devido cálculo estrutural.                                          |
| Sustentabilidade e impacto ambiental                     | Alta sustentabilidade se usar pedra local, com baixo impacto ambiental.                                     | Alto impacto ambiental devido ao uso de cimento e aço, porém pode ser parcialmente mitigado com concreto sustentável.                                                |
| Segurança e resistência às condições climáticas extremas | Muito resistente a variações climáticas, desde que bem construído e impermeabilizado.                       | Muito resistente, principalmente a intempéries, ações sísmicas e esforços estruturais, quando bem projetado.                                                         |
| Capacidade estrutural                                    | Peso próprio e resistência ao empuxo por massa. Projetado para até 3 m (em geral). Baixa – estrutura rígida | Resistência por armadura e comportamento flexo-compressivo. Pode ser projetado para grandes alturas (6 m ou mais). Alta – permite deformações e absorção de esforços |

**Fonte:** Próprios Autores, 2025.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os oito aspectos previamente analisados nos resultados e discussão, observa-se a necessidade de integrar variáveis substanciais ao processo decisório, com destaque para fatores culturais e características locais. Nesse contexto, a concepção estrutural deve contemplar uma multiplicidade de critérios, com ênfase na relação entre segurança e viabilidade econômica. Dada a localização da obra, as condições geotécnicas do terreno, a altura projetada da estrutura (2,61 metros), a disponibilidade de mão de obra local e a abundância de matéria prima na região, a solução técnica mais adequada recai sobre a utilização de estrutura de pedra argamassada. Tal escolha é ainda justificada por seu menor custo de execução, baixo impacto ambiental e pela inexistência de restrições significativas quanto aos aspectos paisagísticos e estéticos.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Cristiane; OLIVEIRA, Márcio Alves de. **Análises comparativas entre os sistemas construtivos de paredes de concreto, alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame**. [S. l.]: Faculdade Santa Rita de Cássia, 2021. Disponível em: <https://unifasc.edu.br/wp-content/uploads/2022/05/ANALISES-COMPARATIVAS-ENTRE-OS-SISTEMAS-CONSTRUTIVOS.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

BLOG da **Mapa da Obra**. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br>. Acesso em: 20 maio. 2025

CAMARGO, H. R. **O que são estruturas de contenção de taludes**. Barueri, SP: Blog H.R. CAMARGO, 2024. Disponível em: <https://hr-camargo.com.br/estruturas-de-contencao-de-taludes/>. Acesso em: 13 out. 2024.

CANAN, João Marcos. **Correlação entre os dados do ensaio de Pull Out Test (POT) e as características físicas e de resistência dos solos obtidos no ensaio SPT**. 2024. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Santa Catari-

na, Florianópolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/261756>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CANOVA, Rodrigo Brum. **Estudo do dimensionamento de muros de flexão considerando método analítico e numérico**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/23565>. Acesso em: 21 out. 2024.

CARVALHO, Adelson Franklin Pereira. **Estabilização de encostas em áreas urbanas**. 2022. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhanguera, São Bernardo do Campo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/55121>. Acesso em: 13 out. 2024.

CARVALHO, Engenheiro Matheus. **Estudo do solo - ensaios, propriedades e normas**. 2019. Disponível em: <https://carluc.com.br/laudos-tecnicos/estudo-do-solo/>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CASTRO, L. A., & Moraes, R. A. (2014). “**Sustentabilidade na Construção Civil: Análise do Ciclo de Vida de Muros de Contenção**.” Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 19(1), 75-84.

CAVA, F. **Os 9 aspectos para escolher uma contenção para sua obra. Além da Inércia**, 19 mar. 2018. Disponível em: <https://alemdainercia.com/2018/03/19/considere-esses-9-aspectos-para-escolher-uma-contencao-para-sua-obra/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CELERE, Equipe Celere. **Obras de contenção: o que são, para que servem e como escolher o melhor tipo**. 2022. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/construcao-civil/obras-de-contencao/>. Acesso em: 08 set. 2024.

CORREA, Samuel Gonçalves. **Estruturas de contenção: muro de arrimo**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera de Governador Valadares, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/65499>. Acesso em: 12 out. 2024.

FEROLDI, Ada Andressa. **Técnicas construtivas dos muros de pedra seca no Algarve: caracterização, implicações na sustentabilidade e mitigação de riscos naturais**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Área de Especialização: Construção) – Univer-



sidade do Algarve, Faro, Portugal, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/370491727\\_Tecnicas\\_construtivas\\_dos\\_muros\\_de\\_pedra\\_seca\\_no\\_algarve\\_caracterizacao\\_implicacoes\\_na\\_sustentabilidade\\_e\\_mitigacao\\_de\\_riscos\\_naturais](https://www.researchgate.net/publication/370491727_Tecnicas_construtivas_dos_muros_de_pedra_seca_no_algarve_caracterizacao_implicacoes_na_sustentabilidade_e_mitigacao_de_riscos_naturais). Acesso em: 25 fev. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de muros de pedra argamassada**. Revista Construção & Mercado, 2018.

HELENE, P. R. L.; PEREIRA, A. G. T. **Durabilidade do concreto: controle e projeto**. São Paulo: PINI, 2000.

JMENG Diagnóstica. **Manifestações patológicas em revestimentos argamassados**. [S. l.], 24 fev. 2022. Disponível em: <https://www.jmengdiagnostica.com.br/post/manifestacoes-patologicas-em-revestimentos-argamassados>. Acesso em: 20 maio 2025.

LACTEC. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. 2019. **Práticas sustentáveis na construção civil**.

LIMA, Daniel Aparecido Lopes de. **Estruturas de fundação e a importância dos estudos dos solos na engenharia civil**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/57334>. Acesso em: 20 maio 2025.

LOPES, Redação. **Muro de arrimo: conheça mais sobre o muro de contenção em pedra**. 2019. Disponível em: <https://www.lopes.com.br/blog/decoracao-paisagismo/muro-de-arrimo-conheca-mais-sobre-o-muro-de-contencao-em-pedra/>. Acesso em: 07 set. 2024.

MARTINS, Maysa Memória. **Estruturas de fundações e contenção - empuxos de solos**. Notas de aula. Christus Faculdade do Piauí, Piri-piri, 2024.

MGWCONSTRUCAOEREFORMA. **Projeto muro de arrimo em pedras**. 2025. Disponível em: <https://www.mgwconstrucaoereforma.com.br/Projeto-muro-de-arrimo-pedras.html>. Acesso em: 27 mar. 2025.

NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto**.

NEOIPSUM. **Tipos de muros de contenção de solo.** Neo Ipsum, 2023. Disponível em: <https://neoipsum.com.br/tipos-de-muros-de-contencao-de-solo/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

NEVES, Guilherme. **Manual de construções em pedra.** 2017. São Paulo: Oficina de Textos.

OLIVEIRA, Pedro Henrique Gomes de. **Automatização do dimensionamento e detalhamento de paredes-diafragma de concreto armado moldadas in loco.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade federal do rio grande do sul. Porto Alegre RS Disponível em <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/280795>. Acesso em: 22 mar. 2025.

PINTO, C. de A. **Materiais de construção civil.** 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

PROJETOU BLOG. **Tipos de Muro de Arrimo: Como Escolher?** 2025. Disponível em: <<https://www.projetou.com.br/posts/tipos-de-muro-de-arrimo/>>. Acesso em: 20 maio. 2025.

RETONDO, L. **Muro de arrimo: o que é e como fazer?** 2021. Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/muro-de-arrimo/>. Acesso em: 27 mar. 2025.

SIENGE. **Parede de concreto: vantagens e características do sistema construtivo.** 2025. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/parede-de-concreto>. Acesso em: 20 maio 2025.

SILVA, Bruno Gomes da. **Projeto de muro de contenção: critérios à elaboração e escolha.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/projeto-de-muro-de-contencao-criterios-elaboracao-e-escolha>. Acesso em: 18 out. 2024.

SOUSA, Rayanne Emanuelle Rodrigues de. **Avaliação de soluções para estruturas de contenção: muros de flexão e muros de gravidade em concreto ciclópico.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1719>. Acesso em: 17 out. 2024.

TÉCHNE – Revista de Tecnologia da Construção. **Edições sobre estruturas e sustentabilidade.**

TERRAFIRME Engenharia Geotécnica. **Tipos de Muros de Contenção: Aplicações e Cuidados.** Boletim Técnico, 2017.

VITOR. **Contenção de taludes e escoramentos: segurança estrutural.** 2024. Disponível em: <https://hrcamargo.com.br/contencao-de-taludes-e-escoramentos-seguranca-estrutural/>. Acesso em: 27 mar. 2025.

VITOR. **Estruturas de concreto armado para edificações: guia prático.** 2024. Disponível em: <https://hrcamargo.com.br/estruturas-de-concreto-armado-para-edificacoes-guia-pratico/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EDIFICAÇÕES TÉRREAS E COM PAVIMENTOS: UM ESTUDO DE CASO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM RESIDÊNCIAS

*COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN SINGLE STORY  
BUILDINGS AND THOSE WITH FLOORS: A CASE STUDY OF  
PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN RESIDENTIAL HOMES*

**Anna Thalyta Melo Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0001-7244-6664>

[thalytamelogomes12@gmail.com](mailto:thalytamelogomes12@gmail.com)

**Antônio Carvalho de Araújo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0009-1726-2545>

[antoniocarvalho144@gmail.com](mailto:antoniocarvalho144@gmail.com)

**Elias Lima de Menezes Neto**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-001-8004-9351>

[eng.eliaslima@gmail.com](mailto:eng.eliaslima@gmail.com)

**Jaqueline Passos dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0000-9610-7256>

[passosjaqueline151@gmail.com](mailto:passosjaqueline151@gmail.com)

**Leonardo da Silva Mesquita**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0000-4913-4438>

[leomesquita859@gmail.com](mailto:leomesquita859@gmail.com)

**Victor Santos Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-0890-9713>

[Vs99955131@gmail.com](mailto:Vs99955131@gmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8601-9580>

[mikaellecavalcante2003@gmail.com](mailto:mikaellecavalcante2003@gmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Amanda Hellen de Sousa Amaral**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0007-3475-9196>

[amandahellenamaral@hotmail.com](mailto:amandahellenamaral@hotmail.com)

**RESUMO**

Este artigo analisa patologias em residências térreas e com pavimentos no Nordeste brasileiro, por meio de estudo de caso em Tianguá (CE), Pedro II (PI) e Piripiri (PI). As manifestações foram identificadas por vistorias, fotos e relatos dos moradores, sendo classificadas por tipo e local. A residência mais antiga apresentou maior número de

falhas, indicando influência do tempo. A casa com dois pavimentos, mesmo com idade semelhante à térrea, teve mais patologias, o que evidencia o impacto do tipo construtivo. Fissuras, trincas, eflorescências e descolamentos foram as ocorrências mais comuns. Conclui-se que falhas no projeto, uso de materiais inadequados, mão de obra não qualificada e ausência de manutenção contribuem para os danos. O estudo reforça a importância de boas práticas, normas técnicas e capacitação profissional na construção civil.

**Palavras-Chave:** Patologias construtivas; Fissuras; Edificações residenciais. Comparação de tipologias.

## ABSTRACT

This article analyzes pathologies in single-story and multi-story residences in Northeast Brazil, through a case study in Tianguá (CE), Pedro II (PI), and Piripiri (PI). The analysis was based on inspections, photographs, and resident reports, classifying defects by type and location. The oldest house had more pathologies, showing age as a factor. The two-story house, despite similar age to the single-story one, presented more issues, highlighting the influence of building type. Common defects included cracks, fissures, efflorescence, and coating detachment. The study concludes that project flaws, poor materials, unskilled labor, and lack of maintenance contribute to damage. It emphasizes the importance of good practices, technical standards, and professional training in construction.

**Keywords:** Building pathologies; Cracks; Residential buildings; Typology comparison.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, é considerado uma importante potência para a economia brasileira, ganhando destaque a partir da década de 1990, com um crescimento exponencial no número de obras. No entanto, o cenário socioeconômico, marcado por um grande déficit habitacional, exigiu uma maior rapidez no processo construtivo, o que resultou em um menor controle de qualidade dos materiais e serviços realizados (Ferreira; Oliveira, 2021).

Dessa forma, mesmo com a crescente evolução tecnológica dos materiais e métodos, observa-se um aumento significativo no surgimento de patologias nas edificações em geral. Neste contexto, de acordo com Silveira, Souza e Quadreli (2022), o termo “patologia” é caracterizado como a ciência que estuda todas as características das doenças, incluindo origem, sintomas, desenvolvimento e consequências. Embora seja um termo comumente utilizado na área da saúde, esse conceito também é aplicado na construção civil para descrever falhas e defeitos em edificações.

O problema deste trabalho é identificar quais são as principais patologias presentes na edificação em estudo e suas prováveis causas. Nesse contexto, segundo Castro et al. (2020), as falhas construtivas podem ter origem em diversos fatores, desde erros de projeto, uso inadequado de materiais, até problemas relacionados à execução da obra e à falta de manutenção. Ao investigar essas falhas, pretende-se compreender melhor as causas subjacentes, visando propor medidas corretivas.

Objetivo deste trabalho é comparar as patologias presentes em edificações com diferentes características, situadas no nordeste brasileiro, identificado e relacionando com as demais investigadas. Já os objetivos específicos incluem conceituar e identificar as patologias na construção, examinar os fatores que contribuem para o surgimento dessas patologias e avaliar como o tipo de edificação impacta no surgimento das manifestações patológicas.

A finalidade deste estudo está na necessidade de compreender e mitigar as causas das patologias em edificações residenciais, especialmente em Regiões como do Nordeste, onde a escassez de mão de obra qualificada e o uso de materiais inadequados podem agravar esses problemas. Dessa maneira, conhecer essas patologias contribuem para a conservação das construções e para a criação de programas que promovam a qualificação profissional e boas práticas construtivas.

Este trabalho consiste em uma pesquisa de campo, apoiada por uma revisão bibliográfica. O artigo está estruturado em cinco tópicos, começando com a introdução, seguida pela apresentação da metodologia. A última parte aborda os resultados e as discussões geradas a partir da coleta de dados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Patologias na Construção Civil

As manifestações patológicas nas edificações são falhas que comprometem o desempenho, a durabilidade e a estética das construções. Na construção civil, o termo “patologia” é utilizado para descrever danos causados por processos construtivos inadequados, uso de materiais de baixa qualidade, falhas de projeto ou ausência de manutenção preventiva (SILVEIRA; SOUZA; QUADRELI, 2022).

Segundo Helene (1992), as principais patologias incluem fissuras, trincas, infiltrações, eflorescências e descolamento de revestimentos, que podem surgir em qualquer etapa da vida útil da edificação. A análise e o diagnóstico corretos dessas falhas são essenciais para a definição de soluções eficazes.

### 2.2 Causas das Patologias

As origens das manifestações patológicas são diversas. De acordo com Castro et al. (2020), elas podem decorrer de erros de projeto, execução deficiente, ausência de juntas de dilatação, escolha inadequada de materiais e falhas estruturais. A falta de capacitação técnica da mão de obra também é um fator agravante (FERREIRA; OLIVEIRA, 2021).

Além disso, fatores ambientais e climáticos, como variações de temperatura e umidade, contribuem para o surgimento de fissuras e infiltrações, especialmente em regiões de clima tropical, como o Nordeste brasileiro (MILITO, 2009).

### 2.3 Influência do Tipo de Edificação

A tipologia da edificação influencia diretamente na natureza e frequência das patologias. Edificações com mais de um pavimento estão sujeitas a esforços estruturais diferenciados, como recalques diferenciais, torções e cisalhamentos em escadas e lajes, o que pode favorecer o aparecimento de trincas estruturais (Terrezo, 2021).



Por outro lado, edificações térreas, apesar de apresentarem menor complexidade estrutural, não estão isentas de falhas. Nelas, é comum o surgimento de problemas em revestimentos, pisos e paredes, principalmente por deficiência na impermeabilização e baixa qualidade dos materiais utilizados (Dutra, 2016).

## 2.4 Importância da Manutenção e da Qualificação Profissional

A ausência de manutenção periódica e o desconhecimento técnico contribuem para a intensificação dos danos nas edificações. Programas de inspeção e manutenção preventiva, aliados à capacitação da mão de obra, são medidas essenciais para garantir a durabilidade e segurança das construções (Mendes et al., 2021).

A aplicação correta das normas técnicas e o investimento em boas práticas construtivas representam fatores determinantes para evitar o surgimento precoce de patologias e reduzir os custos com reformas corretivas.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho refere-se a um estudo de caso realizado Na região Nordeste nas cidades de Tianguá – CE, Pedro II – PI e Piri-piri - PI. O critério para seleção dessas residências foi baseado em algumas características, como idade e o tipo de edificação. Respectivamente as edificações A, B e C correspondem aos dados representados na Tabela 1, vale ressaltar que o térreo da casa B não foi considerado para análise por referir-se a um ponto comercial.

**Quadro 1** – Características das residências

| Item | Estado | Cidade   | Idade | Tipo            | Área Construída (m²) |
|------|--------|----------|-------|-----------------|----------------------|
| A    | Ceará  | Tianguá  | 11    | térrea          | 270                  |
| B    | Piauí  | Pedro II | 6     | dois pavimentos | 180                  |
| C    | Piauí  | Piripiri | 6     | térrea          | 70                   |

Fonte: Próprio Autor, 2024.

O recolhimento das bases utilizadas ocorreu através do método de vistoria da edificação, relatando através de fotos e comentários dos residentes, as características dos defeitos encontrados. Dessa forma pode-se trabalhar os dados obtidos e dividi-los por local de aparição, como por exemplo, paredes, piso, escadas e teto. Procedendo para a subdivisão por tipo de manifestação, causas e possíveis soluções a serem aplicadas.

O método comparativo aplicado para produção deste estudo se baseia na relação entre dois tipos de edificações, térreas e com pavimentos superiores. Na intenção de quantificar os tipos de falhas e compará-las quanto a sua repetição, além de relacionar como o tipo de edificação pode influenciar no surgimento dessas manifestações patológicas.

## 3.2 Resultados e Discussão

Em sequência estão as principais patologias encontradas no interior das residências, divididas por área e tipo de manifestação patológica, foi realizado uma quantificação dessas manifestações para cada residência, a fim de realizar um comparativo sobre a influência das características e idade das edificações relacionadas ao estudo de suas patologias.

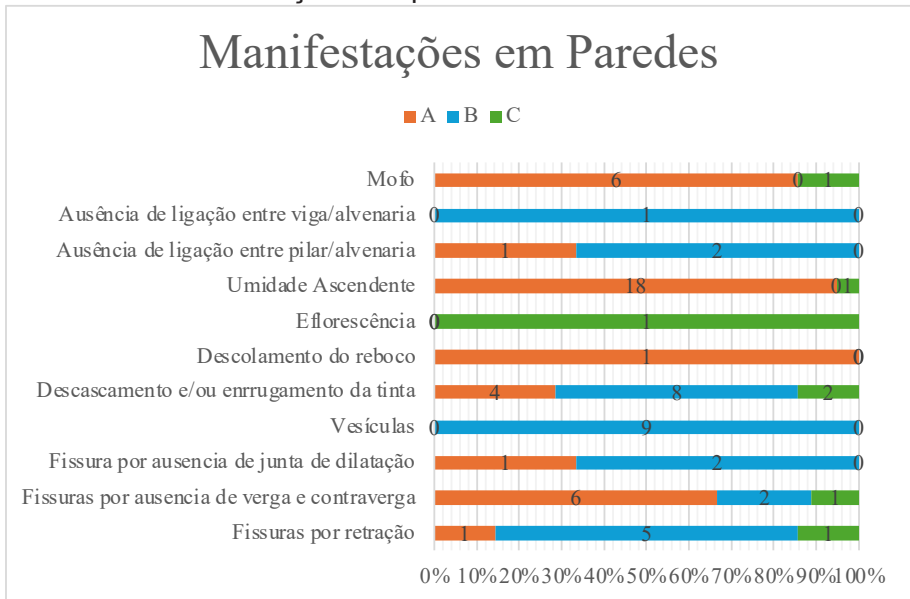
### 3.2.1 Manifestações patológicas em paredes

As manifestações patológicas em paredes são problemas que afetam o desempenho e a durabilidade das construções, podendo comprometer tanto a estética quanto a segurança das edificações. Esses defeitos podem ser causados por falhas no projeto, erros de execução, uso de materiais de baixa qualidade ou falta de manutenção adequada. Entre os principais tipos de patologias estão fissuras, trincas, descolamento de revestimentos, eflorescências, manchas de umidade e mofo (Helene, 1992).

O Gráfico 1 a seguir demonstra a ocorrência das patologias nas paredes das residências A, B e C, pode-se observar que a residência A indicou a maior quantidade de falhas, totalizando 38. Já a residência B

foi a única que apresentou manifestações do tipo vesícula e ausência de ligação entre viga e alvenaria. Por outro lado, a residência C possui um menor número defeitos deste tipo, porém somente nela foi possível encontrar o fenômeno de eflorescência.

**Gráfico 1 – Manifestações em paredes**



**Fonte:** Próprio Autor, 2024.

**Figura 1 – Fissura por retração do revestimento localizada na área de circulação (residência B)**



**Fonte:** Próprio Autor, 2024.

**Figura 2 – Fissura por ausência de verga localizada quarto 02 (residência B)**



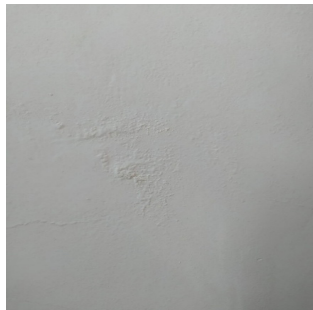
**Fonte:** Próprio Autor, 2024.

Figura 3 – Fissura por ausência de junta de dilatação térmica localizada na cozinha



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 4 – Vesículas na parede do corredor (residência B)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 5 – Descascamento da tinta na área da sacada (residência B)



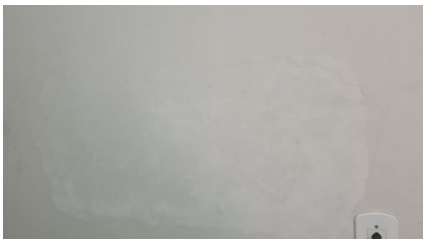
Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 6 – Descolamento do reboco (residência A)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 7 – Eflorescência na parede do quarto 01 que faz divisa com banheiro (residência C)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 8 – Umidade ascendente parede da sala (residência A)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 9 – Ausência de ligação entre pilar/alvenaria parede externa do quarto 03 (residência A)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 10 – Ausência de ligação entre viga/alvenaria (residência B)



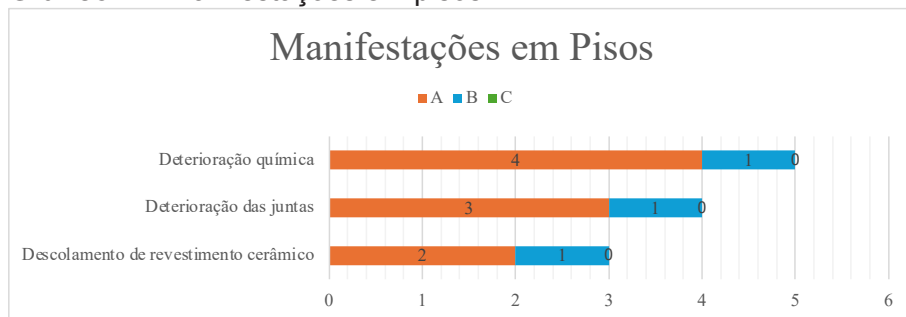
Fonte: Próprio Autor, 2024.

### 3.2.2 Manifestações patológicas em pisos

Os defeitos encontrados em pisos ou revestimentos cerâmicos originam-se de algumas maneiras, dentre elas projeto, escolha dos materiais e execução. Algumas das manifestações mais comuns são destacamentos de placas, trincas, gretamento e fissuras, eflorescências e deterioração das juntas. Os cuidados para evitar estas falhas estão associados a mão de obra não qualificada vinculado ao controle de qualidade dos materiais e a problemas estruturais (Milito, 2009).

De acordo com dados obtidos através da vistoria nas residências foi possível determinar as bases do Gráfico 2. Foram verificadas as seguintes informações, a edificação A mostrou um total de 9 defeitos, sendo que o mais presente foi a deterioração química das placas cerâmicas. A edificação B revelou apenas uma unidade de cada patologia, já a edificação C não expôs nenhuma manifestação no piso.

## Gráfico 2 – Manifestações em pisos



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 11 – Descolamento de revestimento cerâmico na sala (residência A)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 12 – Deterioração das juntas do revestimento na sala (residência A)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

### 3.2.3 Manifestações patológicas em cobertura

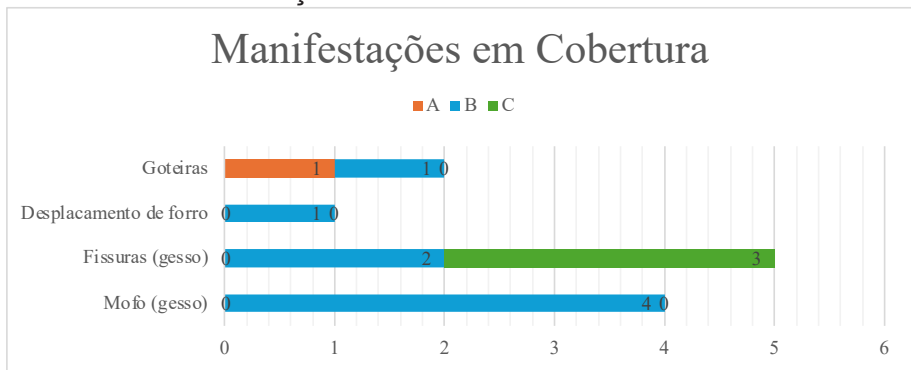
Seja qual for o sistema de cobertura utilizado, todos estão passíveis ao surgimento de problemas, visto que, a falha mais recorrente são as goteiras, que surgem em decorrência do afastamento das telhas por inúmeros motivos. Em sua totalidade, o forro possui propriedades higroscópicas que influenciam diretamente no seu comportamento resistente à tração e ao cisalhamento (Braga, 2010).

A partir do Gráfico 3 é viável a análise dos dados coletados, sendo que, a residência A traz apenas um problema do tipo goteira, referente a um telhado do tipo colonial com forro de PVC (policloreto de vinila). Entretanto, estes resultados foram após a realização de algumas manutenções, tendo em vista que a cobertura recebe fortes

eventos e não possui arremate cimentício das telhas, gerando movimentações frequentes e consequentemente goteiras.

Assim sendo, a residência B possui todas as patologias abordadas, visto que, a com maior ocorrência foi o mofo, por tratar-se de forro de *drywall* e a cobertura em telha de zinco. Por conseguinte, a residência C contém a maior quantidade de fissuras no forro de gesso, além de ser sua única patologia encontrada nessa área, o telhado é comum, com telhas cerâmicas do tipo colonial.

### Gráfico 3 – Manifestações em Cobertura



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 13 – Deterioração química no revestimento do banheiro (residência B)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 14 – Mofo no gesso no quarto 02 (residência B)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 15 – Fissuras no gesso da sala (residência C)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 16 – Deslocamento do forro e goteira no quarto (residência B)

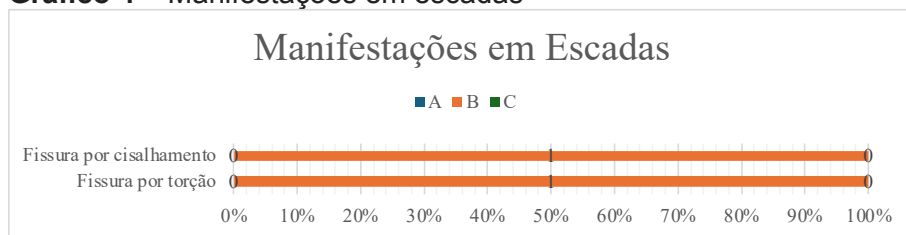


Fonte: Próprio Autor, 2024.

### 3.2.4 Manifestações patológicas em escadas

Sobretudo as manifestações em escadas são evidenciadas na edificação B, tendo em vista que, somente esta residência dispõe de pavimentos superiores. As casas A e C, por sua vez, são térreas e não detêm escadas de nenhum tipo. Desta forma, as desconformidades encontradas **são exclusivas de movimentações** estruturais, devendo ser analisadas por especialistas.

Gráfico 4 – Manifestações em escadas



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 17 – Fissuras por torção na escada (residência B)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Figura 18 – Fissura por cisalhamento na escada (residência B)



Fonte: Próprio Autor, 2024.



**Quadro 2 – Resultados Gerais**

| LOCAL       | MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS                    | EDIFICAÇÕES |    |    |
|-------------|----------------------------------------------|-------------|----|----|
|             |                                              | A           | B  | C  |
| Parede      | Fissuras por retração                        | 1           | 5  | 1  |
|             | Fissuras por ausência de verga e contraverga | 6           | 2  | 1  |
|             | Fissura por ausência de junta de dilatação   | 1           | 2  | 0  |
|             | Vesículas                                    | 0           | 9  | 0  |
|             | Descascamento e/ou enrugamento da tinta      | 4           | 8  | 2  |
|             | Descolamento do reboco                       | 1           | 0  | 0  |
|             | Eflorescência                                | 0           | 0  | 1  |
|             | Umidade Ascendente                           | 18          | 0  | 1  |
|             | Ausência de ligação entre pilar/alvenaria    | 1           | 2  | 0  |
|             | Ausência de ligação entre viga/alvenaria     | 0           | 1  | 0  |
|             | Mofo                                         | 6           | 0  | 1  |
| TOTAL       |                                              | 38          | 29 | 7  |
| Piso        | Descolamento de revestimento cerâmico        | 2           | 1  | 0  |
|             | Deterioração das juntas                      | 3           | 1  | 0  |
|             | Deterioração química                         | 4           | 1  | 0  |
| TOTAL       |                                              | 9           | 3  | 0  |
| Cobertura   | Mofo (gesso)                                 | 0           | 4  | 0  |
|             | Fissuras (gesso)                             | 0           | 2  | 3  |
|             | Desplacamento de forro                       | 0           | 1  | 0  |
|             | Goteiras                                     | 1           | 1  | 0  |
| TOTAL       |                                              | 1           | 8  | 3  |
| Escada      | Fissura por torção                           | 0           | 1  | 0  |
|             | Fissura por cisalhamento                     | 0           | 1  | 0  |
| TOTAL       |                                              | 0           | 2  | 0  |
| TOTAL FINAL |                                              | 48          | 42 | 10 |

Fonte: Próprio Autor, 2024.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As manifestações patológicas nas edificações residenciais analisadas revelam a importância de um projeto bem elaborado e da execução adequada para garantir a durabilidade e segurança. A presença de fissuras, trincas e infiltrações são indicativos de falhas que

poderiam ser evitadas com planejamento adequado e uso de materiais de qualidade.

A análise das causas dessas patologias, como a ausência de juntas de dilatação e verga, destaca a necessidade de seguir rigorosamente as normas técnicas durante o processo construtivo. A implementação de procedimentos de inspeção e manutenção periódicas também se mostra fundamental.

Dentre as residências analisadas, foi possível concluir que a edificação A contém o maior número de manifestações patológicas (48), reforçando a ideia de que a idade do imóvel influencia diretamente no seu estado de conservação e o surgimento de falhas. Além disso, a casa B mesmo possuindo menor idade, por conta de ser um edifício, apresentou mais patologias que a residência C, que detém do mesmo tempo de construção, porém é do tipo térrea.

O número de patologias vistas na residência B foram de 42, em contramão a este valor, a residência C constatou apenas 10 manifestações. Esta diferença é evidenciada pelo número de pavimentos da casa B, entretanto, outros fatores influenciam esta quantidade de falhas, como mão de obra não especializada, materiais inadequados, como também, erros de implementação no projeto. Programas de qualificação profissional seriam essenciais para a melhoria desse cenário.

## REFERÊNCIAS

DUTRA, Evandro Rocha. **Manifestações patológicas: fissuras** Causas / Diagnóstico / Recuperação. **Ufmg**, [s. L.], 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/42232/1/TCC%20Final%20%281%29.pdf>. Acesso em: 16 out. 2024

FERREIRA, Angélica Rodrigues; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. **Patologias na construção civil: estudo de caso em duas residências na cidade de irai de minas** - mg. **CeteC**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.unifucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/2362>. Acesso em: 21 out. 2024.

HELENE, PAULO R.L. **Manual para Reparo Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. **FOSROC**, [s. l.], 2004. Disponível em: <https://>

[www.academia.edu/43851166/Manual\\_para\\_Reparo\\_Reforco\\_e\\_Protecao\\_de\\_Estruturas\\_de\\_Concreto](http://www.academia.edu/43851166/Manual_para_Reparo_Reforco_e_Protecao_de_Estruturas_de_Concreto). Acesso em: 16 out. 2024.

MENDES, Henrique Ferreira; MELO, José Jonas de Lima; VASCONCELOS, Luis Henrique Duarte; CAVALCANTE, Jonas Rafael Duarte. **Fissuras em alvenaria estrutural: causas e soluções**. Caderno de graduação, [s. L.], 2021. Disponível em: [file:///C:/Users/passos/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/UI7DBTRH/cassiusunit,+6\[1\].pdf](file:///C:/Users/passos/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/UI7DBTRH/cassiusunit,+6[1].pdf). Acesso em: 17 out. 2024.

MILITO, JOSÉ ANTONIO DE. **Técnicas de construção civil**. Facens, [s. l.], 2009. Disponível em: [file:///C:/Users/passos/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/XW4YM7QG/Tecnicas\\_de\\_Construcoes\[1\].pdf](file:///C:/Users/passos/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/XW4YM7QG/Tecnicas_de_Construcoes[1].pdf). Acesso em: 15 out. 2024.

SANTOS, MAYARA JORDANA BARROS OLIVEIRA. **Catálogo De Patologias Em Fachadas De Edifícios Residenciais De Brasília**. Unb, [s. l.], 2017. Disponível em: [http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/24061/1/2017\\_MayaraJordanaBarrosOliveiraSantos.pdf](http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/24061/1/2017_MayaraJordanaBarrosOliveiraSantos.pdf). Acesso em: 18 out. 2024.

SILVEIRA, Camila Ramos; SOUZA, Samuel Aguiar de; QUADRELI, Carlos Renato. **Estudo sobre patologias da construção civil originárias de fundações**. Getec, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2780>. Acesso em: 20 out. 2024.

TERREZO, VICTÓRIA BASSI DA SILVA. **Fissuras em edificações: causas e tratamentos**. Unesp, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/bd7315e2-9770-4e3e-9f31-e83e4689ab6d/content>. Acesso em: 17 out. 2024.

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA EMPRESA DE ESTRUTURAS PRÉ- MOLDADAS NO TERRITÓRIO DOS COCAIS

*ANALYSIS OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF A  
PRECAST STRUCTURES COMPANY IN THE COCAIS TERRITORY*

**Guilherme de Carvalho Amaral**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0007-6082-3614>

[guilhermecarvalhoaz9@gmail.com](mailto:guilhermecarvalhoaz9@gmail.com)

**José Elismar do Nascimento Neto**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0000-9744-9936>

[seuhelinho2012@gmail.com](mailto:seuhelinho2012@gmail.com)

**Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>

[natanael-mendes2@hotmail.com](mailto:natanael-mendes2@hotmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcílio@chrisfapi.com.br](mailto:marcílio@chrisfapi.com.br)

**Marcos Vinícius Lopes dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4007-2917>

[marcosss2013@hotmail.com](mailto:marcosss2013@hotmail.com)

**Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0001-1066-3479>

[soaresjunior485@gmail.com](mailto:soaresjunior485@gmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Maysa Memória Martins**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-0964-7700>

[maysa\\_memoria@hotmail.com](mailto:maysa_memoria@hotmail.com)

**Domingos Sávio do Nascimento**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-8580-8783>

[saviomatem@yahoo.com.br](mailto:saviomatem@yahoo.com.br)

**Maria dos Remédios Magalhães**

Christus Faculdade do Piauí-CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-7066-5011>

[magalhãesantosjl@gmail.com](mailto:magalhãesantosjl@gmail.com)

**RESUMO**

O presente artigo analisa a viabilidade técnica e econômica da implantação de uma empresa especializada em estruturas pré-moldadas no Território dos Cocaís, avaliando as vantagens e desafios associados a essa solução construtiva, a fim de verificar sua adequação às demandas locais por construções mais rápidas, sustentáveis e eco-

nomicamente viáveis. As estruturas pré-moldadas têm se consolidado como uma alternativa estratégica no setor da construção civil, oferecendo benefícios como agilidade na execução, redução de desperdícios e padronização dos processos. O estudo propõe a elaboração de um relatório técnico aprofundado, contemplando diferentes cenários regionais, com o intuito de subsidiar decisões técnicas e estratégicas voltadas ao desenvolvimento sustentável e à melhoria da infraestrutura local.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Regional; Estruturas Pré-moldadas; Território dos Cocais Piauiense; Viabilidade Técnica.

## ABSTRACT

This article analyzes the technical and economic feasibility of setting up a company specializing in precast structures in the Cocais Territory, assessing the advantages and challenges associated with this construction solution, in order to verify its suitability for local demands for faster, more sustainable and economically viable construction. Precast structures have been consolidated as a strategic alternative in the construction sector, offering benefits such as agility in execution, reduction of waste and standardization of processes. The study proposes the preparation of an in-depth technical report, covering different regional scenarios, with the aim of supporting technical and strategic decisions aimed at sustainable development and improving local infrastructure.

**Keywords:** Regional Development; Precast Structures; Cocais Territory Piauiense; Technical Feasibility.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor da construção civil tem passado por profundas transformações, impulsionadas pela necessidade de adotar métodos construtivos mais ágeis, econômicos e sustentáveis. Nesse cenário, as estruturas pré-moldadas vêm se consolidando como uma alternativa promissora, especialmente em contextos onde os desafios logísticos e operacionais dificultam a aplicação de sistemas tradicionais (Medeiros & Parsekian, 2017).

A industrialização da construção civil contribui significativamente para a redução do tempo de execução, melhora no controle de qualidade e diminuição dos impactos ambientais, fatores que tornam essa abordagem cada vez mais atrativa para empreendimentos públicos e privados. Essas vantagens tornam o sistema pré-moldado uma solução eficiente frente às crescentes exigências por produtividade e sustentabilidade no setor.

Essa busca por soluções inovadoras é ainda mais urgente em regiões com limitações no uso de pré-moldado para o desenvolvimento da engenharia civil, como é o caso do Território dos Cocais. Situado no norte do estado do Piauí e se estendendo para partes do Maranhão e Ceará, esse território é caracterizado por sua transição entre os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, o que lhe confere uma rica biodiversidade e clima quente e úmido (Ciências, 2024). É também marcada por uma paisagem repleta de palmeiras, como o babaçu e a carnaúba, que possuem importância econômica e cultural para as comunidades locais.

Do ponto de vista socioeconômico, o Território dos Cocais apresenta um crescimento populacional e urbano em ritmo constante, mas ainda enfrenta sérios desafios, como a escassez de mão de obra especializada e limitações logísticas para o transporte de materiais e equipamentos. Essas condições dificultam os sistemas que exigem mão de obra qualificada.

Segundo Renato (2020), as estruturas pré-moldadas, por serem fabricadas fora do canteiro de obras e transportadas para montagem, oferecem vantagens como maior previsibilidade de custos, agilidade na execução e menor geração de resíduos. A Associação Brasileira da Construção Industrializada do Concreto (ABCIC, 2025) complementa ao afirmar que esse sistema permite a racionalização dos processos produtivos, otimizando recursos e assegurando maior desempenho técnico e ambiental.

Além disso, a aplicação de elementos pré-moldados está em consonância com os requisitos da NBR 15575/13, norma de desempenho que estabelece critérios mínimos para aspectos como conforto térmico, isolamento acústico, durabilidade e segurança das edificações habitacionais. A produção controlada desses elementos facilita

o cumprimento das exigências normativas, elevando a qualidade final das construções.

No panorama nacional, observa-se uma expansão significativa do uso de estruturas pré-moldadas. Grandes obras de habitação, galpões logísticos, centros comerciais e até mesmo escolas públicas têm adotado esse sistema devido à sua agilidade e eficiência. Isso demonstra a maturidade tecnológica da pré-moldagem no Brasil e abre espaço para sua interiorização e aplicação em regiões menos desenvolvidas.

Outro ponto relevante é a crescente importância das práticas sustentáveis no setor da construção. Empresas que adotam sistemas pré-moldados se alinham aos princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*), cada vez mais valorizados por investidores, órgãos públicos e consumidores. Entre os principais benefícios estão a redução de emissões de carbono, minimização de resíduos sólidos e uso racional de recursos naturais, consolidando-se como um modelo construtivo ambientalmente responsável.

Adicionalmente, a proposta de implantação de uma empresa de estruturas pré-moldadas no Território dos Cocais pode evoluir para um modelo de negócio verticalizado, no qual se integrem etapas como a produção, montagem e até o desenvolvimento de projetos completos baseados em soluções modulares. Essa abordagem não apenas aumenta a competitividade da empresa como também contribui para a padronização e replicabilidade de soluções construtivas em escala regional.

Por fim, destaca-se a possibilidade de integrar os processos da construção pré-moldada com tecnologias digitais, como o *Building Information Modeling* (BIM), que permite simular digitalmente todas as fases da obra, otimizando recursos, prevenindo falhas e reduzindo custos. A adoção de ferramentas como essa representa um avanço estratégico para empresas que buscam inovação e excelência na execução de obras.

Diante desse panorama, o presente artigo tem como objetivo analisar a viabilidade técnico-econômica da aplicação de estruturas pré-moldadas no Território dos Cocais sobre tudo na cidade de Piracuruca, considerando aspectos como custo, tempo de execução, logística, durabilidade e sustentabilidade, justificando-se pela necessidade



de soluções adaptadas às condições locais, capazes de impulsionar o desenvolvimento urbano e rural com eficiência e responsabilidade ambiental, promovendo melhorias significativas na infraestrutura e qualidade de vida da população.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Histórico e Evolução das Estruturas Pré-moldadas

O conceito de pré-moldagem remonta à antiguidade, quando os romanos utilizavam elementos estruturais pré-fabricados em pedra para acelerar o processo de construção de aquedutos e edifícios. No entanto, a verdadeira revolução ocorreu no século XX, com o desenvolvimento do concreto armado e das técnicas de industrialização da construção civil (Medeiros & Parsekian, 2017).

A partir da década de 1950, países como Estados Unidos, Alemanha e França começaram a investir na fabricação de elementos estruturais em larga escala, resultando na construção de grandes edifícios, pontes e obras de infraestrutura com prazos reduzidos e custos otimizados (Costa & Rodrigues, 2024). No Brasil, o crescimento do setor ocorreu principalmente a partir dos anos 2000, impulsionado pela necessidade de construções mais rápidas e eficientes.

O uso de estruturas pré-moldadas em concreto tem ganhado destaque na construção civil devido às suas vantagens em termos de eficiência, redução de custos e sustentabilidade. Segundo Renato (2020), a aplicação de sistemas pré-moldados em projetos de grande porte demonstra potencial significativo na redução de despesas sem comprometer a qualidade das edificações. Essa afirmação é corroborada por Medeiros e Parsekian (2017), que destacam a eficácia de pórticos pré-moldados preenchidos com alvenaria participante, ressaltando a combinação entre resistência estrutural e agilidade na execução.

#### 2.1.2 Características técnicas do concreto pré-moldado

Os elementos pré-moldados de concreto são produzidos fora do canteiro de obras, em centrais industriais ou canteiros avançados,

conforme estabelece a NBR 9062/17 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Essa norma define critérios de projeto, fabricação, transporte, montagem e segurança dessas estruturas, promovendo o desempenho técnico e estrutural adequado. Entre os principais componentes estão as vigas e pilares pré-moldados; lajes alveolares ou maciças; painéis de fechamento (verticais e horizontais); elementos estruturais mistos (como vigas pré-moldadas com lajes moldadas *in loco*).

Segundo a NBR 9062/17, os elementos devem apresentar resistência mínima à compressão especificada para o concreto, geralmente acima de 25 MPa, podendo ultrapassar 40 MPa em aplicações industriais. Os ensaios de controle de qualidade devem ser realizados durante a fabricação, com atenção ao tempo de cura, desforma e ao processo de proteção, quando aplicável.

Outra característica essencial está na precisão dimensional dos elementos, que deve atender a tolerâncias específicas, como:  $\pm 10$  mm para comprimento de pilares;  $\pm 5$  mm para espessura de painéis e  $\pm 2^\circ$  para inclinação de faces, o que assegura um encaixe adequado na montagem em campo.

Além disso, a norma destaca a importância das juntas estruturais e de dilatação, essenciais para acomodar movimentações térmicas, recalques diferenciais e garantir o bom desempenho das ligações. As juntas podem ser: a) secas, com grauteamento posterior para garantir a continuidade estrutural; b) moldadas com conexão metálica; c) com insertos metálicos soldados ou aparafusados, em estruturas de grande porte.

A aplicação prática desses elementos permite maior rapidez na montagem e menor interferência climática, visto que a maioria das etapas ocorre em ambiente controlado. Por exemplo, em obras como galpões logísticos, escolas e unidades habitacionais, as lajes alveolares são muito utilizadas por sua leveza e capacidade de vencer grandes vãos com menor espessura e peso próprio.

Além disso, a utilização de painéis de fechamento pré-moldados proporciona melhor vedação e desempenho térmico/acústico, contribuindo para o cumprimento das exigências da NBR 15575/13 – Norma de Desempenho, especialmente em habitações de interesse social.

Assim, as características técnicas dos pré-moldados os tornam uma opção robusta, versátil e eficiente para diversos tipos de obras, especialmente em regiões com carência de mão de obra especializada no Território dos Cocais.

### 2.1.3 Vantagens econômicas das estruturas pré-moldadas

A adoção de estruturas pré-moldadas no setor da construção civil tem se mostrado uma estratégia economicamente vantajosa, sobretudo quando comparada ao método tradicional de alvenaria moldada *in loco*. Essas vantagens se evidenciam não apenas na fase de execução da obra, mas ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

Segundo Renato (2020), os principais benefícios econômicos estão relacionados à redução dos custos trabalhistas, menor desperdício de materiais e uma maior previsibilidade de custos e prazos. O Quadro 01 simboliza cada um desses benefícios.

**Quadro 01 – Benefícios Econômicos e Caracterização**

| Benefícios econômicos                    | Caracterização                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Redução dos custos trabalhistas          | Como boa parte das atividades ocorre em ambiente fabril, há menor necessidade de mão de obra intensiva no canteiro, diminuindo encargos e o tempo de permanência dos operários |
| Menor desperdício de materiais           | A produção padronizada em fábrica reduz perdas de insumos, o que pode representar até 15% de economia em comparação com métodos convencionais (ABCIC, 2025)                    |
| Maior previsibilidade de custos e prazos | A industrialização garante maior controle sobre cronogramas e orçamentos, minimizando riscos de atrasos e estouros financeiros.                                                |

**Fonte:** Autoria própria, 2025.

A economia de tempo reflete diretamente nos custos indiretos da obra. Estimativas do setor apontam que o uso de sistemas pré-moldados pode reduzir em até 30% o tempo total da construção, o que implica menor gasto com aluguel de equipamentos, energia elétrica, segurança do canteiro e administração da obra.

Em termos logísticos, embora o transporte de peças possa representar um custo adicional variando entre 15% a 25% do custo final da peça, conforme mostrado na análise de campo deste estudo, essa

despesa é frequentemente compensada pela agilidade na montagem e menor necessidade de armazenamento prolongado no local da obra.

Outro fator importante é o ganho de escala: a produção em série permite atender múltiplos projetos com o mesmo modelo estrutural, otimizando recursos e promovendo padronização. Isso favorece especialmente obras públicas, como escolas e unidades habitacionais, onde a repetitividade é alta e a agilidade na entrega é essencial.

A manutenção das estruturas pré-moldadas também tende a ser mais econômica, graças à precisão na execução, menor incidência de patologias e maior durabilidade do concreto utilizado. Isso resulta em custos operacionais reduzidos ao longo da vida útil do edifício.

Dessa forma, as estruturas pré-moldadas não apenas reduzem os custos imediatos da obra, mas também contribuem para uma gestão financeira mais eficiente e sustentável dos empreendimentos.

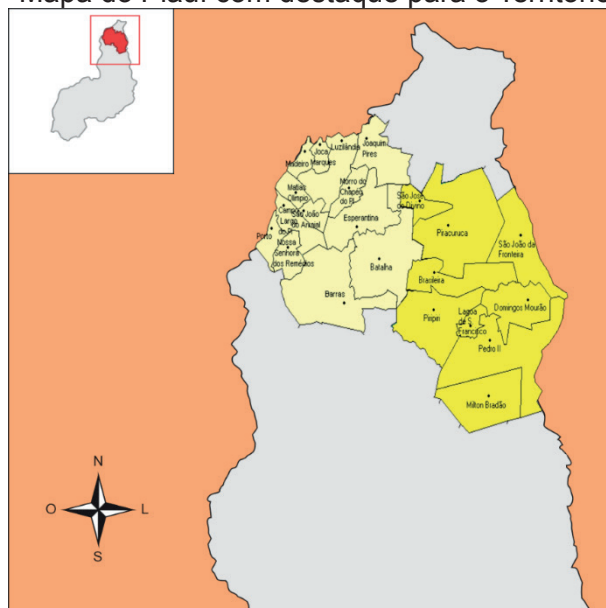
#### 2.1.4 Aplicabilidade no Território dos Cocais

O Território dos Cocais, localizado ao norte do Estado do Piauí, abrange 22 municípios, conforme Figura 01.

Este Território funciona como uma zona de transição entre os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, apresentando características ambientais diversas, como clima quente e úmido, vegetação abundante (principalmente palmeiras como babaçu e carnaúba) e solos variáveis. Tais fatores influenciam diretamente na durabilidade dos materiais e nos métodos de construção adotados.

Do ponto de vista, os desafios são consideráveis: escassez de mão de obra especializada, limitações no fornecimento de insumos e equipamentos, além da distância em relação aos grandes centros urbanos e polos industriais. Esses aspectos impactam negativamente o uso de sistemas construtivos convencionais, que exigem presença intensiva de trabalhadores e execução prolongada no canteiro de obras.

**Figura 01** – Mapa do Piauí com destaque para o Território dos Cocais



**Fonte:** Autoria Própria, 2025 – Adaptada.

Diante desse contexto, as estruturas pré-moldadas surgem como uma solução técnica viável e estratégica. Por serem fabricadas fora do canteiro e montadas com maior agilidade, elas: a) reduzem a exposição dos materiais às intempéries, preservando sua integridade; b) agilizam a execução da obra, possibilitando entregas em prazos mais curtos; c) minimizam a necessidade de mão de obra local altamente especializada, uma vez que a montagem é mais simples e rápida.

Além disso, a implantação de fábricas regionais de elementos pré-moldados pode fomentar a economia local, gerar empregos diretos e indiretos, e incentivar a formação de mão de obra capacitada, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do Território.

Conforme destaca a ABCIC (2025), a construção industrializada de concreto é especialmente eficaz em contextos logísticos adversos, pois proporciona maior controle de qualidade e menor geração de resíduos.

Estudos como o de Tavares Lima et al. (2024) demonstram que, mesmo em condições ambientais críticas como alta umidade e variações de temperatura, as placas pré-moldadas mantêm bom desempenho quanto à impermeabilidade e durabilidade.

### 2.1.5 Fábrica de estruturas pré-moldadas

A empresa Incorpora Pré-Moldados LTDA, localizada no município de Piracuruca-PI, foi o objeto de estudo para análise prática da viabilidade de estruturas pré-moldadas no Território dos Cocais. Com pouco mais de um ano de operação, a fábrica se destaca na produção de peças de concreto como meio-fio (guia), tubos de concreto (manilhas), bases para caixas d'água, cochos em “J” e “U”, entre outros elementos estruturais utilizados em obras de infraestrutura urbana, conforme as Figuras 02, 03, 04 e 05.

Figuras 02, 03, 04 e 05 – Produção das peças pré-moldadas



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

A produção é supervisionada por um engenheiro civil especializado em estruturas de concreto armado, garantindo a conformidade com normas técnicas e o controle rigoroso de qualidade. Durante as visitas técnicas, foi possível observar que a empresa realiza ensaios



de resistência e monitoramento do processo de cura, o que assegura um desempenho superior das peças fabricadas, como demonstra as Figuras 06, 07, 08 e 09.

Figuras 06, 07, 08 e 09 – Etapas de ensaio



Fonte: Autoria própria, 2025.

A fábrica utiliza cimento de alto desempenho, com aditivos que aceleram o processo de cura e otimizam a resistência final das peças, tais como poste de caixa d'água, base da d'água e sarjetas, como apresentadas nas Figuras 10, 11 e 12, respectivamente. O processo produtivo é parcialmente mecanizado, mas a empresa encontra-se em fase de transição para maior automação, buscando ganhos em produtividade, precisão e sustentabilidade.

Figuras 10, 11, 12 e 13 – Produção das peças pré-moldadas



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

A fábrica também segue os parâmetros estabelecidos pela NBR 9062/17, que rege o projeto e execução de estruturas pré-moldadas, respeitando critérios de tolerância dimensional, resistência e sistemas de montagem.



Figuras 14, 15, 16 e 17 – Controle de Qualidade



Fonte: Autoria própria, 2025.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A metodologia aplicada caracteriza-se como uma pesquisa de campo com abordagem qualitativa e quantitativa, analisando e buscando compreender a demanda, a qual tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de estruturas pré-moldadas.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados à construção com estruturas pré-moldadas, suas vantagens e limitações, e sua aplicação no Território dos Cocais. Foram utilizadas fontes acadêmicas, a norma técnica

NBR 9062 e publicações de instituições do setor, como a ABCIC (Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto).

A pesquisa desenvolveu-se tendo como foco a empresa Incorpora Pré-Moldados, localizada no interior do Piauí no Território dos Cocais, mais precisamente no município de Piracuruca, selecionada por apresentar a produção de peças pré-moldadas, que são os elementos em foco para o estudo.

Os dados coletados através de visitas técnicas, entrevistas com a proprietária, engenheiro responsável e colaboradores da empresa foram organizados em tabelas e gráficos comparativos, utilizando ferramentas *office*, com o objetivo de evidenciar a produtividade atual da empresa Incorpora e sua capacidade de atendimento à demanda regional, conforme as Figuras 18 e 19.

Figuras 18 e 19 – Questionário Aplicado

Questionário de perguntas para a Incorpora / fábrica de pré-moldados

1. Informações Gerais da Empresa

- 1.1 Nome da empresa: INCORPORA PRE MOLDADOS LTDA  
1.2 Tempo de atuação no mercado: 1 ANO E 2 MESES  
1.3 Localização da sede e filial: PIRACURUCA - PI  
1.4 Número de funcionários atualmente: 17 FUNCIONÁRIOS  
1.5 Quais os principais tipos de produtos pré-moldados vocês fabricam?

MEIO FIO, TUBOS DE CONCRETO, BASE PARA CAIXA D'ÁGUA, MANILHAS, PAVER, COCHOS EM J, COCHOS EM U.

2. Produção

2.1 Qual a capacidade média de produção mensal de cada elemento (em m<sup>3</sup> ou unidades)?

TUBOS DE CONCRETO – 200 UND / MÊS  
MEIO FIO – 4000 UND / MÊS  
BASE PARA CAIXA D'ÁGUA – 7 UND / MÊS  
MANILHAS – 1200 UND / MÊS

2.2 A produção é sob demanda ou por estoque?

Produzimos tanto para estoque quanto sob demanda, conforme a necessidade dos clientes.

2.3 É utilizado algum tipo de aditivo ou produto para melhorar a qualidade?

Não.

2.4 Existem dificuldades com fornecedores ou matéria-prima? Se sim, quais?

Sim, eventuais atrasos na entrega de cimento e brita, especialmente em períodos de alta demanda.

2.5 Qual o tempo médio de fabricação de uma peça padrão?

De 1 a 3 dias, dependendo do tipo de produto e tempo de cura do concreto.

2.6 Possui laboratório próprio para controle de qualidade? Quais ensaios são realizados?

Ainda não, mas realizamos ensaios com parcerias.

3. Demanda e Vendas

3.1 Qual o perfil do cliente principal?

Construtoras, obras públicas, particulares.

3.2 Os clientes costumam buscar soluções completas (projeto + instalação) ou apenas fornecimento dos elementos?

A maioria busca apenas o fornecimento dos elementos, mas também temos parcerias para instalação.

4. Logística e Entrega

4.1 A empresa possui frota própria para transporte das peças?

Sim, frota própria.

4.2 Qual o raio de alcance médio para entregas (em km)?

Aproximadamente 300 km, podendo variar conforme o volume.

4.3 Quais os principais desafios logísticos enfrentados?

Condições das estradas, acesso em obras rurais e custo elevado do combustível.

4.4 O transporte das peças pré-moldadas representa qual percentual médio do custo final do produto?

Entre 15% a 25%.

4.5 Há restrições nas vias que dificultam o transporte das peças?

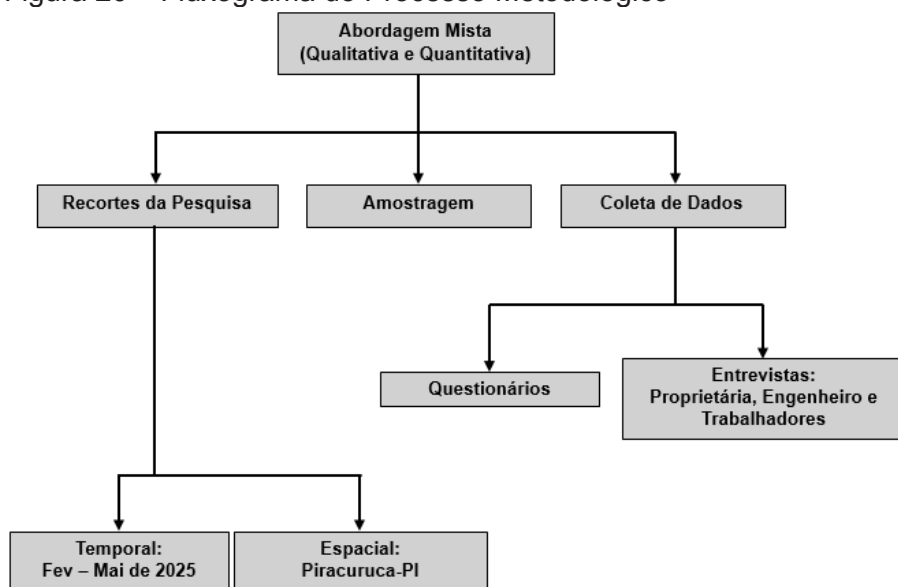
Fonte: Autoria própria, 2025.

Fonte: Autoria própria, 2025.

Por fim, a análise dos resultados foi trabalhada de forma a evidenciar a eficiência estrutural, durabilidade, tempo de execução, escala de produção, visando compreender o potencial de expansão do uso

de estruturas pré-moldadas nos municípios atendidos pela empresa localizados no Território dos Cocais.

Figura 20 – Fluxograma do Processo Metodológico



Fonte: Autoria própria, 2025.

### 3.2 Resultados e Discussão

A coleta de dados envolveu a aplicação de um questionário estruturado, entrevista com a proprietária e o engenheiro responsável, e colaboradores bem como observações técnicas durante a visita às instalações da fábrica.

Durante as visitas, foi possível compreender com mais profundidade o funcionamento da cadeia produtiva, os procedimentos de controle de qualidade, a organização logística e os métodos de comercialização dos produtos. Os dados foram consolidados em tabelas, gráficos e quadros, de forma a possibilitar uma análise clara e objetiva dos aspectos mais relevantes da empresa e sua inserção no mercado regional.

### 3.2.1 Capacidade produtiva mensal

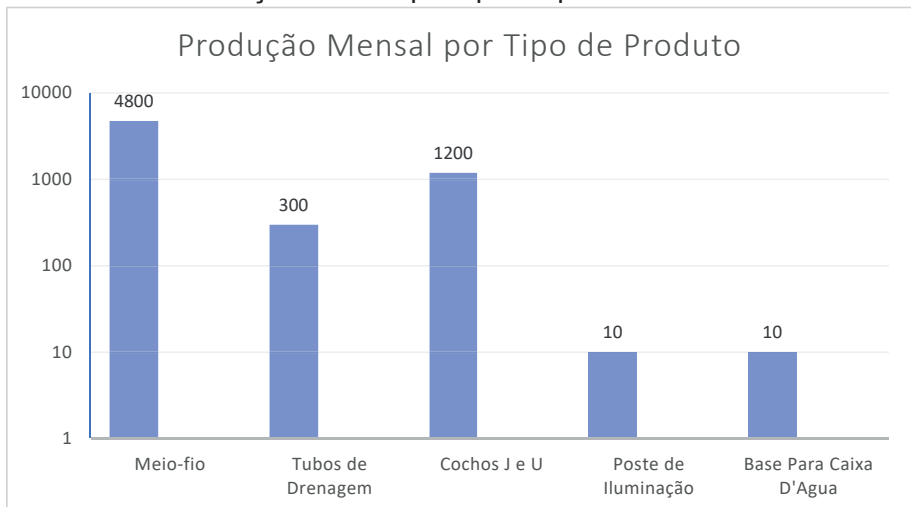
A fabricação atende tanto a pedidos sob encomenda quanto à produção para estoque, o que garante flexibilidade e rápida resposta à demanda. O que permite certa flexibilidade diante das oscilações do mercado. O Quadro 02 e o Gráfico 01 abaixo apresenta a capacidade produtiva mensal da fábrica, destacando os principais produtos fabricados pela a empresa.

**Quadro 02** – Produção de peças pré-moldadas

| Produto              | Produção mensal (unidade) |
|----------------------|---------------------------|
| Meio-fio (Guia)      | 4.800                     |
| Tubos de Drenagem    | 300                       |
| Cochos J e U         | 1.200                     |
| Base P/ Caixa D'Água | 10                        |
| Postes de Iluminação | 10                        |

**Fonte:** Autoria própria, 2025.

**Gráfico 01** – Produção mensal por tipo de produto



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

### 3.2.2 Logística e distribuição

A logística da empresa é um dos principais desafios enfrentados. Com uma frota própria, a Incorpora atua em um raio de aproximadamente 300 km, abrangendo boa parte do Território dos Cocais. No entanto, as condições escassez de mão de obra especializada, limitações no fornecimento de insumos, equipamentos e distância em relação aos grandes centros urbanos e polos industriais impactam diretamente no custo final das entregas, representando entre 15% e 25% do valor do produto, conforme o Quadro 03 o Gráfico 02 e as Figuras 21 e 22.

Figura 21 e 22 – Veículo de Içamento e Montagem



Fonte: Autoria própria, 2025

#### Quadro 03 – Informações a respeito da empresa

| INFORMAÇÕES A RESPEITO DA EMPRESA |                                                            |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Frota Própria                     | Sim                                                        |
| Raio de Alcance Médio             | Aproximadamente 300 KM                                     |
| Principais Desafios               | Estradas ruins, custo do combustível alto e vias estreitas |
| Custo Logístico                   | Aproximadamente 15% a 25% do valor final                   |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Gráfico 02 – Impacto do transporte no custo final



**Fonte:** Autoria própria, 2025.

### 3.2.3 Perfil de clientes

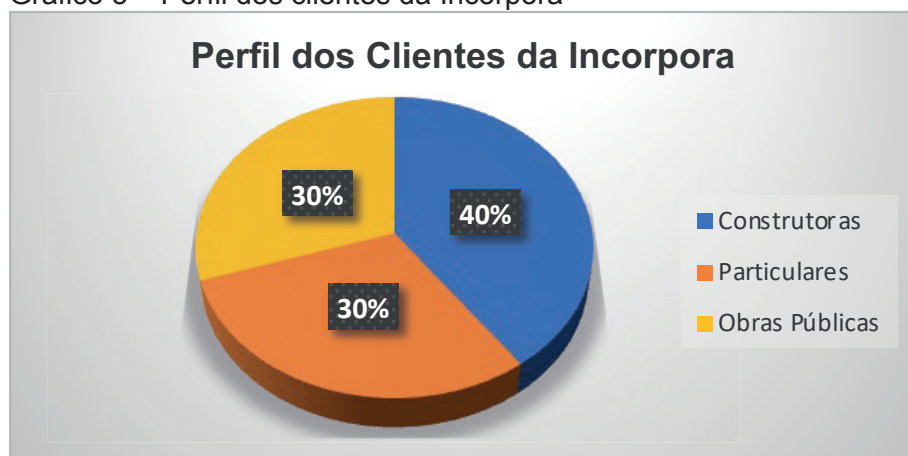
A Incorpora Pré-Moldados LTDA atende a uma variedade de clientes, com destaque para construtoras locais, órgãos públicos municipais e clientes particulares que atuam em obras residenciais ou de pequeno porte. Essa diversidade evidencia a versatilidade dos produtos oferecidos pela empresa e a sua capacidade de adaptação às demandas regionais.

A maior parte dos clientes busca somente o fornecimento das peças pré-moldadas, especialmente meio-fio, tubos de drenagem e base de caixa d'água, utilizados em obras de infraestrutura. No entanto, observa-se o crescimento de parcerias pontuais com empreiteiros e construtores locais para a instalação das peças, o que representa uma oportunidade para a empresa ampliar sua atuação com serviços agregados de montagem e consultoria técnica, aumentando o valor agregado de sua oferta.

Em períodos de maior investimento público, como nas obras de calçamento e saneamento básico, há um aumento significativo na procura por produtos da Incorpora, o que exige flexibilidade da produção para atender a essas sazonalidades, outro ponto relevante é a recorrência de alguns clientes, o que sinaliza um nível inicial de fidelização e satisfação com a qualidade dos produtos. Esse aspecto pode

ser explorado pela empresa por meio da implantação de estratégias de pós-venda, atendimento técnico personalizado e programas de relacionamento, contribuindo para a consolidação da marca no mercado regional. O Gráfico 03 ilustra a distribuição do perfil dos clientes da Incorpora, evidenciando a predominância de obras públicas e clientes de pequeno porte.

Gráfico 3 – Perfil dos clientes da Incorpora



Fonte: Autoria própria, 2025.

### 3.2.4 Sustentabilidade e inovação

A Incorpora adota práticas sustentáveis como a racionalização de resíduos de concreto e de água. A integração tecnológica ainda está em fase inicial, com automações sendo introduzidas gradualmente, conforme o Quadro 04.

**Quadro 04** - Práticas sustentáveis na produção do pré-moldado

| Práticas sustentáveis      | Situação                   |
|----------------------------|----------------------------|
| Racionalização da água     | Implantado                 |
| Racionalização de resíduos | Implantado                 |
| Automação da produção      | Em processo de implantação |

Fonte: Autoria própria, 2025.



Essa postura está alinhada aos princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*), valorizando práticas ambientais e sociais responsáveis (ABCIC, 2025).

### 3.2.5 Perspectiva de expansão

A empresa demonstrou interesse em expandir para outras áreas do Território dos Cocais, reconhecendo o potencial da demanda local. No entanto, identificou entraves como infraestrutura precária, alto custo inicial de implantação e desafios logísticos.

## 4 CoNSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou, de forma consistente, que a implantação de uma empresa especializada em estruturas pré-moldadas no Território dos Cocais é técnica e economicamente viável, apresentando vantagens significativas em relação aos métodos convencionais de construção. A análise da Incorpora Pré-Moldados LTDA revelou que o sistema pré-moldado oferece agilidade na execução, redução de custos operacionais, menor desperdício de materiais e maior controle de qualidade, aspectos essenciais para um Território com desafios logísticos e escassez de mão de obra especializada.

Do ponto de vista técnico, a produção padronizada em ambiente controlado garante a conformidade com as normas NBR 9062 e NBR 15575, assegurando durabilidade e desempenho adequados às condições climáticas do Território. A sustentabilidade também se destacou, com práticas como racionalização de água e resíduos sólidos, alinhando-se aos princípios ESG e agregando valor ao negócio.

Economicamente, embora os custos logísticos representem um desafio (15% a 25% do valor final), eles são compensados pela eficiência na montagem e menor tempo de execução, fatores que reduzem custos indiretos e aumentam a competitividade. A demanda por infraestrutura urbana e habitacional no Território, impulsionada por investimentos públicos e crescimento populacional, reforça o potencial de mercado para expansão do setor.



**Recomendações Estratégicas:** Para consolidar a viabilidade do modelo, sugere-se: a) Parcerias público-privadas para melhorias e incentivos fiscais, reduzindo custos de transporte. b) Capacitação de mão de obra local em montagem de estruturas pré-moldadas, fomentando empregos e qualificação técnica. c) Diversificação da produção, com foco em elementos para habitação popular (ex.: painéis de fechamento, lajes alveolares), atendendo a programas governamentais como o Minha Casa Minha Vida. d) Adoção de tecnologias digitais, como BIM, para otimizar projetos e logística, aumentando a precisão e reduzindo retrabalhos.

Este trabalho não apenas comprova a viabilidade do negócio, mas também abre caminho para pesquisas futuras, como estudos detalhados de viabilidade financeira (fluxo de caixa, TIR) e análises de ciclo de vida (ACV) dos materiais. O Território dos Cocais, com suas peculiaridades e demandas, apresenta um cenário promissor para a construção industrializada, capaz de aliar desenvolvimento econômico, sustentabilidade e melhoria da infraestrutura.

## REFERÊNCIAS

ABCIC - **Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto**.Org.Br. Retrieved April 1, 2025, from <https://abcic.org.br/>

**Associação Brasileira de Normas Técnicas** - ABNT. NBR 15575: Edifícios habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, R. H.; RODRIGUES, T. **Produtividade do Concreto Pré-moldado**. Disponível em: <[https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/66205/1/RAFAELA\\_HENRIQUE\\_COSTA.pdf](https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/66205/1/RAFAELA_HENRIQUE_COSTA.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2024.

Ciências. (2024, June 18). **Zona dos Cocais: Território tem palmeiras de grande importância comercial**. Com.br. [https://educacao.uol.com.br/disciplinas/ciencias/zona-dos-cocais-regiao-tem-palmeiras-de-grande-importancia-comercial.htm?utm\\_source=chatgpt.com](https://educacao.uol.com.br/disciplinas/ciencias/zona-dos-cocais-regiao-tem-palmeiras-de-grande-importancia-comercial.htm?utm_source=chatgpt.com)

Mata dos cocais: fauna, flora, clima, solo. (2008, August 14).

DE SOUZA FRANÇA, J. L. **Sistemas Em Concreto Pré-moldado**. Disponível em: <<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/>

am/123456789/56431/1/JOHNNY\_LINCOL\_DE\_SOUZA\_FRANCA.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

Medeiros, W., &Parsekian, G. (2017). **Pórticos em Concreto Pré-moldado Preenchidos com Alvenaria Participante**. Anais Do Workshop De Tecnologia De Processos E Sistemas Construtivos.

**Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado-** Requisitos NBR9062. (n.d.)

RENATO, C. **Pré-fabricado permite construir prédio mais barato de Berlim**. Disponível em: <<https://cimentec.com.br/2020/11/20/pre-fabricado-permite-construir-predio-mais-barato-de-berlim/>>. Acesso em: 9 out. 2024.

Tavares Lima, C. H., De Moraes Machado, L. H., & Gomes de Sousa Júnior, L. (2024). **A Influência da espessura no coeficiente de permeabilidade de placas pré-moldadas de concretos permeáveis**. Revista Multidisciplinar Do Nordeste Mineiro, 5(1). <https://doi.org/10.61164/rmnm.v5i1.2472>

## CAPÍTULO 7

### COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE PAINÉIS MONOLÍTICOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E ALVENARIA TRADICIONAL EM HABITAÇÕES RESIDENCIAIS

*COMPARISON BETWEEN CONSTRUCTION SYSTEMS OF  
MONOLITHIC EXPANDED POLYSTYRENE (EPS) PANELS AND  
TRADITIONAL MASONRY IN RESIDENTIAL HOUSING*

**Antônio Estevam da Costa Neto**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0006-2584-368X>

[eng.estevamneto@gmail.com](mailto:eng.estevamneto@gmail.com)

**Marcos Vinícius Lopes dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4007-2917>

[marco2013@hotmail.com](mailto:marco2013@hotmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri- PI

<https://orcid.org/0009-0001-1066-3479>

[soaresjunior485@gmail.com](mailto:soaresjunior485@gmail.com)

**Dirceu do Nascimento Martins Júnior**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0009-8058-6702>

[dirceum2014@gmail.com](mailto:dirceum2014@gmail.com)

**João Gustavo Alves Oliveira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0001-0832-7847>

[gustavojoaool2802@gmail.com](mailto:gustavojoaool2802@gmail.com)

**João Vinícius Silva Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0006-1546-9284>

[joaoviniiciusgomes355@gmail.com](mailto:joaoviniiciusgomes355@gmail.com)

**Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>

[natanael\\_mendes2@gmail.com](mailto:natanael_mendes2@gmail.com)

**Rhuan Petrovisk Silva Medeiros**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0008-0332-9756>

[rhuan123@gmail.com](mailto:rhuan123@gmail.com)

**RESUMO**

Com o desenvolvimento tecnológico construtivo, novos parâmetros foram regularizados para a construção civil e com isso a inserção de materiais mais eficientes e econômicos. Em decorrência de tais parâmetros, esta pesquisa teve por objetivo comparar os sistemas construtivos de painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) e al-

venaria tradicional em habitações residenciais, como as principais características, mudanças econômicas e tempo de execução. O sistema construtivo monolítico permite a construção de edificações sem a necessidade de pilares e vigas, tornando um processo mais simples. Sua estrutura é composta por argamassa, telas, treliças eletrossoldadas, grampos de aço galvanizado e EPS, sendo as paredes o elemento essencial para sustentar toda a edificação. Já a alvenaria convencional utiliza lajes, vigas, pilares e fundações para suportar a carga, enquanto as paredes servem apenas para divisão dos ambientes. A pesquisa foi fundamentada através de livros, artigos e normas técnicas de forma que esclarece o comparativo e demonstra a eficiência de ambos. Observou-se seu potencial para substituir a alvenaria convencional, com vantagens como redução de tempo e otimização de recursos. Embora o alto custo dos painéis no Brasil seja um desafio, a pesquisa apontou que, na prática, o EPS pode ser mais econômico ao considerar fatores como a rapidez da execução.

**Palavras-chave:** Comparação; Sistemas Construtivos; Painéis Monolíticos; Alvenaria Tradicional; Eficiência Econômica.

## ABSTRACT

With the development of construction technology, new parameters have been regulated for civil construction, and with this the insertion of more efficient and economical materials. As a result of such parameters, this research aimed to compare the construction systems of monolithic expanded polystyrene (EPS) panels and traditional masonry in residential housing, such as the main characteristics, economic changes and execution time. The monolithic construction system allows the construction of buildings without the need for pillars and beams, making the process simpler. Its structure is composed of mortar, screens, electrowelded trusses, galvanized steel clamps and EPS, with the walls being the essential element to support the entire building. Conventional masonry, on the other hand, uses slabs, beams, pillars and foundations to support the load, while the walls serve only to divide the spaces. The research was based on books, articles and technical standards in a way that clarifies the comparison and demonstrates the efficiency of both. Its potential to replace conventional ma-

sonry was observed, with advantages such as reduced time and optimization of resources. Although the high cost of panels in Brazil is a challenge, the research showed that, in practice, EPS can be more economical when considering factors such as the speed of execution.

**Keywords:** Comparison; Construction Systems; Monolithic Panels; Traditional Masonry; Economic efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço contínuo da tecnologia em todas as áreas do mundo, inovações surgem a cada instante, simplificando processos complexos e desafiadores. A construção civil, vem sendo um dos setores que mais tem se beneficiado desse progresso, por também ter acompanhado de perto esse movimento. Com o propósito de atender às exigências do mercado moderno, esse setor busca constantemente novas técnicas e metodologias construtivas que aprimorem suas práticas e facilitem os desafios que surgem (Alves, 2015). No mesmo contexto, essas técnicas inovadoras visam não apenas aprimorar a eficiência do setor construtivo, mas também garantir que as construções atendam às exigências crescentes do mercado atual, que demanda soluções rápidas, práticas e com alto padrão de qualidade. O desenvolvimento tecnológico neste campo não só otimiza o trabalho, mas também reflete uma transformação contínua nas práticas construtivas.

Os sistemas de construção variam em diversos aspectos, incluindo os materiais empregados, o tempo necessário para a execução, os custos, o desempenho e o tipo de mão de obra, entre outros fatores. Alguns exemplos desses sistemas são o *steel frame*, paredes de concreto, pré-fabricados, alvenaria estrutural, painéis monolíticos de poliestireno expandido e alvenaria convencional, entre outros.

O estudo apresenta um potencial significativo para contribuir com o conhecimento do método construtivo em painéis monolíticos de EPS, sendo uma tecnologia que utiliza painéis compostos por uma estrutura de EPS, coberto em ambos os lados por uma malha de aço galvanizado e revestido por concreto projetado. Assim, a pesquisa focou no estudo de dois sistemas construtivos: a alvenaria convencional e os painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS). Conforme

Bertoldi 2007 (apud Flores, 2023, p. 10) o sistema monolítico, que foi introduzido na década de 90, demonstrou bons resultados em termos de comportamento estrutural e conforto térmico.

O sistema construtivo monolítico vem conquistando cada vez mais espaço no setor da construção civil e já é visto como uma alternativa viável à alvenaria tradicional. No entanto, ainda há muita desconfiança em relação a esse método, pois grande parte da população desconhece suas características e vantagens (Balbino, 2020). O principal desafio atualmente é convencer os proprietários de novos empreendimentos de que o uso do EPS oferece benefícios significativos em comparação ao sistema convencional de alvenaria.

Segundo Moura e Santos 2019 (apud Simplicio, Narváez, 2024, p. 4), a tecnologia dos painéis monolíticos, com sua combinação de poliestireno expandido (EPS), malhas de aço e revestimento de argamassa, emergiu na Itália como uma resposta às necessidades de construção em regiões sísmicas, buscando otimizar o isolamento térmico das edificações. A introdução dessa solução construtiva no Brasil, ocorrida nas últimas décadas do século XX, demonstra a adaptabilidade dessa tecnologia a diferentes contextos climáticos e normativos. Atualmente a necessidade do mercado faz com que o sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS seja altamente vantajoso, visto que o mesmo apresenta os requisitos: rapidez na execução, qualidade, sustentabilidade, competitividade, conforto termoacústico, impermeabilidade, altíssima resistência e fácil transporte devido os painéis serem leves se comparados aos blocos cerâmicos ou de concreto (Balbino, 2020 apud Paula, Araújo, 2022, p.15).

Com inúmeras evoluções e avanços tecnológicos, inovações vem surgindo a todo instante, cujo objetivo é tornar processos antes complexos e demorados em soluções mais simples e práticas. A indústria da construção civil tem se beneficiado amplamente com o desenvolvimento de novas tecnologias. Por conta disso, empresas e construtoras estão constantemente em busca de soluções inovadoras que melhorem o desempenho dos processos de construção, focando em métodos que sejam tanto de fácil implementação quanto economicamente viáveis. Com o rápido crescimento da população, houve uma necessidade de acelerar os processos construtivos, sem comprometer a qualidade e

o desempenho das edificações (Casa Teto, 2020). Portanto, é fundamental que sejam adotados mais e melhores sistemas construtivos no Brasil, a fim de impulsionar a industrialização da construção civil. Diante desse cenário, o tema escolhido para estudo foi: “Comparação entre os sistemas construtivos de painéis monolíticos de poliestireno expandido e alvenaria tradicional em habitações residenciais.”

O artigo está estruturado, portanto, de forma lógica e didática, partindo desta introdução, fundamentando-se numa revisão bibliográfica, entendida como referencial teórico, que busca subsidiar o problema levantado e as hipóteses vislumbradas. Não obstante a isso, os objetivos, gerais e específicos, ficam evidenciados e serão alcançados a partir de uma metodologia traçada com tal visão estratégica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Evolução das Técnicas construtivas no Brasil: da Influência Colonial às Soluções Industrializadas Contemporâneas

A evolução das habitações no Brasil foi moldada por fatores históricos, sociais e políticos, principalmente devido à industrialização no século XX. O Brasil, inicialmente uma colônia voltada para a extração de recursos naturais, teve sua estrutura habitacional moldada pela diversidade das populações indígenas, africanas e europeias, elementos que desempenharam papel fundamental na formação da arquitetura atual do país (Freitas, 2021). Com o avanço da sociedade brasileira e a presença europeia, as técnicas de construção também passaram por transformações. A vinda da família real portuguesa ao Brasil em 1808 não apenas acelerou o desenvolvimento econômico e a urbanização das cidades, mas também abriu caminho para a criação de instituições militares e de engenharia, que integraram abordagens científicas às técnicas de construção já existentes. A técnica portuguesa, que utilizava tijolos e blocos e se ajustava às particularidades regionais, começou a ser amplamente adotada em construções de igrejas e fortalezas.

A partir do século XIX, a construção civil no Brasil começou a se profissionalizar e a se expandir para atender ao mercado. A produ-



ção de materiais passou a ser incentivada com a fabricação industrial de tijolos, que substituiu os métodos artesanais de construção como a taipa. Nesse contexto, as edificações tornaram-se cada vez mais verticais, o que exigiu a adoção de novas soluções estruturais. A utilização de concreto nas construções, que antes eram predominantemente de alvenaria, passou a ser a norma. A alvenaria, que antes tinha papel estrutural, passou a ser usada principalmente como vedação, enquanto as estruturas de concreto assumiram o papel central nas construções urbanas (Balbino, 2020).

Nos tempos mais recentes, com o avanço das tecnologias de construção, novos métodos industrializados foram introduzidos no Brasil, oferecendo soluções mais eficientes e sustentáveis. Segundo Mateus (apud Paula, Araújo, 2022), esses sistemas visam reduzir os custos, otimizar o uso das matérias-primas e diminuir o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida das construções. Entre os sistemas mais utilizados estão o *steel frame*, o *wood frame*, os sistemas de pré-fabricados de concreto e os painéis monolíticos de EPS, cada um com suas vantagens e desvantagens. O *wood frame*, por exemplo, originado no século XIX, é amplamente utilizado em países como Canadá, Estados Unidos e Suécia. Ele emprega uma estrutura de madeira tanto para o esqueleto quanto para as vedações, proporcionando conforto térmico e acústico, além de proteção contra condições climáticas adversas (Martins, Batista e Silva, 2017). O *steel frame*, por sua vez, introduzido no Brasil em 1998, utiliza perfis de aço galvanizado para a estrutura, com fechamento feito por madeira, placas cimentícias ou *drywall*. Esse sistema tem se mostrado adequado para construções residenciais de médio e alto padrão.

Além disso, desde 2001, o uso de sistemas de pré-fabricados de concreto se consolidou no Brasil, permitindo a construção de edifícios de até cinco pavimentos de forma mais rápida e eficiente. Esses elementos são produzidos fora do canteiro de obras e transportados prontos para a instalação, o que reduz o tempo de execução e melhora a qualidade das construções (ABNT NBR 9062:2017). Com esses novos métodos, a construção civil no Brasil segue se modernizando, buscando soluções mais rápidas, econômicas e ambientalmente responsáveis, refletindo uma continuidade da transformação iniciada com

a chegada da corte portuguesa e o desenvolvimento das primeiras técnicas construtivas mais organizadas.

Portanto, a história da construção no Brasil, que começa com as influências coloniais e passa pela adoção de novas técnicas e materiais ao longo do tempo, chega à atualidade com a incorporação de tecnologias industrializadas que visam maior eficiência e menor impacto ambiental. Isso demonstra a contínua adaptação das técnicas construtivas às necessidades e demandas de uma sociedade em constante transformação (Affonso, 2023).

## 2.2 Sistema em Painéis Monolíticos de Poliestireno Expandido

O sistema de painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) foi desenvolvido para suprir exigências técnicas e de isolamento térmico em países europeus no final do século XX (Bertoldi, 2007).

Esse sistema foi desenvolvido na Itália em 1980 por uma empresa chamada Monolite, a qual originou o nome da técnica conhecida como Sistema Monolite. Conforme Souza (apud Balbino, 2020, p. 49), os painéis monolíticos de EPS tiveram sua origem em um programa italiano voltado para a industrialização da construção civil, criado para atender regiões suscetíveis a terremotos, com o intuito na criação de uma estrutura monolítica que não desmoronasse e que agregasse elementos de isolamento térmica. (Paula; Araújo, 2022).

Em 1990, o sistema foi introduzido no Brasil e submetido a diversos testes e ensaios normativos para validar sua eficiência. No início, seu uso ficou restrito a especialistas que já trabalhavam com a técnica, mas com o tempo, empresas começaram a oferecer produtos similares, como o sistema *Hitech*, que atualmente está presente no mercado brasileiro (Bertoldi, 2007).

A regulamentação dos sistemas de construção no Brasil é realizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), responsável por criar as Normas Brasileiras (NBRs). Essas normas estabelecem diretrizes para padronizar o desenvolvimento de edificações, a execução de obras e a elaboração de projetos. Assim como outros materiais utilizados na construção civil, o EPS também é regulamentado por normas específicas, como exposto no Quadro 01.

## Quadro 01 - Normas Técnicas

| NORMA                 | Descrição Básica                                                                                                 |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABNT:<br>NBR 15575/13 | Visa estabelecer padrões mínimos de qualidade e segurança para o desempenho das edificações habitacionais.       |
| ABNT:<br>NBR 11173/90 | Projeto e execução de argamassa armada.                                                                          |
| ABNT:<br>NBR 7480/07  | Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado de acordo com a tela de aço soldada.                |
| ABNT:<br>NBR 7973/07  | Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação de absorção de água.                               |
| ABNT:<br>NBR 8081/15  | Espuma rígida de poliuretano para isolamento térmico – Permeabilidade ao vapor de água.                          |
| ABNT:<br>NBR 8082/16  | Espuma rígida de poliuretano para isolamento térmico – Resistência à compressão – Método de ensaio.              |
| ABNT:<br>NBR 11949/07 | Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação da massa específica aparente.                      |
| ABNT:<br>NBR 12094/91 | Espuma rígida de poliuretano para isolamento térmico – Determinação de condutividade térmica – Método de ensaio. |

Fonte: Próprios Autores, 2025.

Como em qualquer técnica de construção, o uso de EPS apresenta tanto benefícios quanto limitações. Quando comparado aos métodos tradicionais de alvenaria, o EPS destaca-se por ser mais econômico e permitir uma execução mais rápida (Casa Teto, 2020).

Além disso, o EPS traz vantagens como a redução da demanda por mão de obra intensiva e a diminuição de riscos à saúde dos trabalhadores, uma vez que é um material leve que não exige grande esforço físico. Outro ponto favorável é a redução no consumo energético durante o processo construtivo (Trevejo, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (2016), o EPS possui características vantajosas, como baixa absorção de água, baixa condutividade térmica, resistência mecânica, leveza, facilidade de manuseio, durabilidade e resistência ao envelhecimento, impacto e compressão. Essas qualidades permitem sua aplicação em diversas áreas da construção civil, incluindo a engenharia de aterros em solos de baixa resistência.

Ainda para a empresa ABRAPEX (2016), o EPS é um material durável, fácil de cortar e ideal para o preenchimento de rebaixos e espaços vazios em diferentes processos construtivos. Em certos tipos de obras, ele pode reduzir os custos quase pela metade.

Entre as desvantagens do uso do EPS na construção, destacam-se alguns pontos importantes. O material não é ideal para edificações com alto risco de incêndio, além de exigir mão de obra especializada tanto na instalação quanto na manutenção. Há também uma resistência cultural, com muitos profissionais e clientes ainda preferindo métodos tradicionais de construção. Além disso, o sistema elétrico precisa ser bem protegido quando se utiliza EPS, o que pode representar um desafio adicional. A textura do material pode ser desfavorável quando se trata da aplicação de revestimentos, tendo a sua superfície irregular, dificultando a aderência de alguns tipos de acabamento, como a aplicação do reboco. Nessas circunstâncias existe preparações extras ou produtos específicos para garantir um bom resultado. Por fim, apesar de já haver instituições financeiras que oferecem financiamento para construções com EPS, o acesso a crédito para esse tipo de obra ainda pode ser mais difícil (Casa Teto, 2020).

Em decorrência, a sustentabilidade do sistema construtivo com painéis de EPS é um aspecto crucial dessa tecnologia, especialmente em termos de impacto ambiental. Comparado a outros sistemas construtivos, ele gera menos danos à natureza. O EPS é produzido de acordo com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, não apresentando substâncias tóxicas ou perigosas ao meio ambiente, incluindo a camada de ozônio. Além disso, o material é isento de CFCs (clorofluorcarbonetos), com o gás presente em suas células sendo simplesmente o ar (Affonso et al, 2023).

De acordo com Printes (2018), o uso de EPS no setor da construção civil é uma solução sustentável e inovadora. O material permite a reciclagem completa dos resíduos gerados, proporcionando maior rapidez, eficiência e economia nas obras. No mesmo contexto, a sustentabilidade torna as construções mais organizadas e com menos entulho, promovendo a ecoeficiência dos edifícios, reutilizando, reciclando e descartando de maneira adequada os resíduos sólidos, além da redução do consumo de água e energia.

A descoberta do EPS ocorreu em 1964, por meio dos químicos Karl Buchholz e Fritz Stastny, na Alemanha. No Brasil, o material, amplamente conhecido como isopor, teve seu registro em 1988 pela empresa Knauf Brasil. O EPS é obtido a partir de pequenas esferas

plásticas (Figura 01), que passam por um processo de expansão e são tratadas com vapor (Ferreira, 2012).

O processo de produção dos blocos de EPS envolve a aplicação de vapor saturado sobre as esferas, fazendo com que o volume dos grãos de poliestireno (Figura 02) aumente de 20 a 50 vezes. Segundo a ABRAPEX (2016), o resultado é uma espuma termoplástica composta por 98% de ar e apenas 2% de poliestireno sólido, o que confere ao EPS suas características físicas específicas. Para ativar o agente expensor, são utilizados hidrocarbonetos e pentano na formulação do EPS. Esses compostos se degradam rapidamente, tornando o material mais sustentável, já que as reações fotoquímicas causadas pela exposição ao sol não prejudicam o meio ambiente (Goulart; Junior, 2018).

**Figura 01 - Esferas de EPS**



Fonte: Isomaf, 2020.

**Figura 02 - Blocos de EPS**



Fonte: Isorecort, 2020.

### 2.2.1 Aspectos construtivos do sistema construtivo em painéis monolíticos de poliestireno expandido

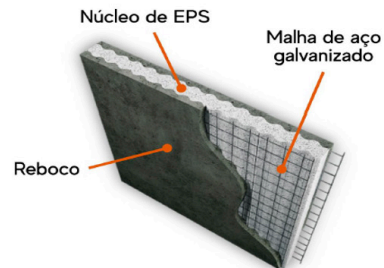
Conforme Affonso et al. (2023), o sistema de construção monolítico de poliestireno expandido, faz uso de um material moderno que traz várias vantagens para as construções, como maior rapidez, alta eficiência, menor custo durante a execução e excelente desempenho térmico e acústico. Sua estrutura é formada por argamassa, telas, treliças eletro soldadas, grampos de aço galvanizado e, principalmente, o EPS (Figura 03 e 04). O sistema construtivo monolítico permite a construção de edificações diversas, desde residências até edifícios de até quatro pavimentos, eliminando a necessidade de pi-

lares e vigas, simplificando o processo construtivo. O próprio método sustenta a estrutura, distribuindo os carregamentos de forma uniforme para as fundações (Alves, 2015). Como o peso da edificação é menor em comparação às construções convencionais, as fundações podem ter dimensões reduzidas, o que leva a uma economia no uso de aço e materiais, redução de resíduos, resultando em uma obra mais eficiente, limpa, com alta produtividade e de menor custo (Bertoldi, 2007). A composição do material é bastante leve, pesando aproximadamente  $2,5 \text{ kg/m}^2$  a  $4 \text{ kg/m}^2$ , enquanto as paredes de alvenaria convencional pesam  $120 \text{ kg/m}^2$  (Alves, 2015).

**Figura 03 - Painéis monolíticos de EPS** **Figura 04 - Painéis monolíticos de EPS**



**Fonte:** Santos, 2015.

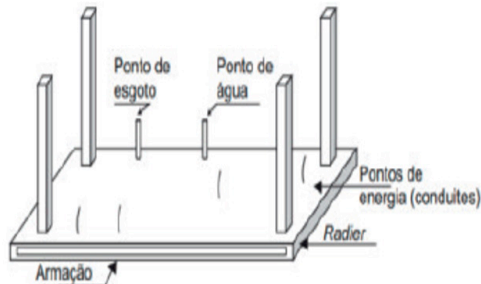


**Fonte:** Monolite, 2023.

No que se refere a fundação, com base no cálculo estrutural, levando em consideração o tipo de solo e suas características específicas. O sistema monolítico, por ter uma estrutura mais leve em comparação ao método convencional, possibilita uma redução no uso de armaduras. A fundação, dentro do sistema com painéis de EPS, é relativamente simples e pode ser realizada com laje radier (Figura 05) ou sapatas corridas (Figura 06), conforme o projeto estrutural desenvolvido pelo engenheiro. Nesse tipo de fundação, as tubulações hidráulicas e elétricas precisam ser instaladas previamente à concretagem, assim como os arranques (Balbino, 2020).



**Figura 05 - Fundação em laje radiers**



Fonte: Salgado, 2019.

**Figura 06 - Fundação em sapatas corridas**



Fonte: Isofort, 2023.

De acordo com a empresa ISOALFA (2015), os painéis de EPS devem ser fixados em esperas de aço CA-50 com bitola de 8 mm, comprimento de 50 cm e espaçamento de 50 cm, conforme ilustrado na Figura 07. A amarração é feita nas armaduras e os painéis são encaixados diretamente nessas esperas. Para fixar o aço, realiza-se um furo de 10 mm no concreto da fundação. Uma possível limitação desse sistema é que os painéis só podem ser instalados nos locais onde as esperas foram previamente posicionadas.

Após a amarração das armaduras, é essencial fazer o alinhamento dos painéis e verificar o prumo. Para isso, réguas são posicionadas horizontalmente a uma altura entre 2 e 3 metros do piso. Em seguida, escoras são colocadas de forma diagonal (Figura 08) e perpendicular às réguas (Emmedue, 2014). Essa etapa é crucial para garantir a qualidade da estrutura, já que o correto alinhamento dos painéis evita gastos adicionais com argamassa para correção de nivelamento e evita o aumento do peso das paredes.

**Figura 07 - Fixação dos arranques**



Fonte: Isoalfa, 2023.

**Figura 08 - Escoramento dos painéis**



Fonte: Brito et al., 2021.

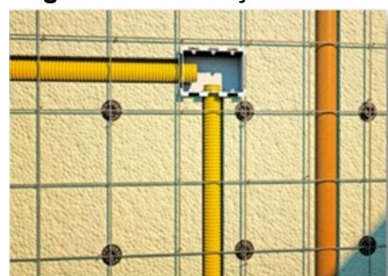
Após a fixação completa dos painéis e a execução dos reforços nas áreas previamente determinadas, inicia-se a instalação dos sistemas elétricos, hidráulicos, e outras eventuais instalações necessárias. Assim é necessário começar fazendo marcações nos painéis, de modo a prever onde os tubos serão instalados. Segundo Emmedue (2014), esse processo simplifica as instalações hidráulicas e elétricas em comparação com o sistema tradicional, uma vez que as aberturas são feitas utilizando uma pistola de ar quente ou outra fonte de calor (Figura 09), eliminando a necessidade de quebrar a estrutura. As tubulações sempre devem ser colocadas por trás da malha de aço (Figura 10), e o corte dessa malha é permitido, desde que seja restaurada com as mesmas características da original. As aberturas feitas no EPS não comprometem significativamente a resistência estrutural dos painéis, visto que a área afetada é muito pequena em relação à totalidade (Duarte; Carneiro, 2015).

**Figura 09 - Abertura para passagem de tubulações**



Fonte: Paula, 2016.

**Figura 10 - Instalação elétrica**

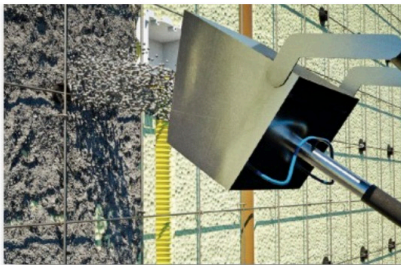


Fonte: Isorecort, 2021.



O revestimento pode ser aplicado manualmente ou por meio de rebocadoras pneumáticas (Figura 11), de forma atingir a espessura especificada no projeto. Conforme indicado pela empresa ISO-ALFA (2015), a proporção recomendada para a argamassa é de 1:3, ou seja, uma parte de cimento para três partes de areia. Além disso, são adicionados plastificante e microfibra de polipropileno à mistura, considerando a quantidade para um saco de cimento. De acordo com Alves (2015), o processo de revestimento é realizado em duas etapas. A primeira camada envolve o preenchimento da superfície de EPS com microconcreto (chapisco), com espessura de 1 cm cobrindo completamente a tela metálica (Figura 12). A segunda etapa corresponde ao revestimento final, o reboco com 2 cm de espessura (Figura 13 a 14). No caso do revestimento do piso, se o radier foi executado corretamente e apresenta uma superfície lisa, não será necessário aplicar uma camada de regularização antes do assentamento do piso.

**Figura 11 - Rebocadora pneumática**



Fonte: Isorecort, 2021.

**Figura 12 - Primeira camada de revestimento dos painéis**



Fonte: Isomaf, 2020.

**Figura 13 - Segunda camada**



Fonte: Balbino, 2017.

**Figura 14 - Revestimento dos painéis e revestimento do piso**



Fonte: Balbino, 2017.

Na construção de coberturas para casas térreas, o sistema monolítico de EPS segue um método similar ao convencional, mas permite melhorias significativas ao incluir telhados leves (Figura 15) que contribuem para o isolamento termoacústico da construção (Alves, 2015). A estrutura pode ser montada com perfis metálicos galvanizados, estruturas de madeira com telhas cerâmicas, compostas por um sistema de treliça que inclui peças como caibros, ripas e cumeeiras, garantindo um alinhamento visual harmonioso (Salgado, 2019). Uma alternativa é a laje treliçada, feita de vigotas de concreto armado e preenchida com EPS ou blocos cerâmicos, sendo o EPS preferível por reduzir o peso da estrutura, facilitar o transporte e melhorar o isolamento térmico. Com a laje treliçada, é essencial impermeabilizar as áreas expostas para maior durabilidade (Salgado, 2019).

**Figura 15** - Cobertura em telhas sanduíches em estrutura metálica



Fonte: Balbino, 2020.

### 2.3 Sistema em Alvenaria Convencional

De acordo com a NBR 8545, quando uma estrutura de concreto armado é combinada com a vedação feita por blocos cerâmicos assentados com argamassa, essa técnica é denominada alvenaria.

Esse conjunto sólido e coeso entre seus elementos é conhecido como alvenaria convencional.

Conforme Klein e Maronezi (apud Flores, 2023, p. 14), este sistema construtivo possui vantagens como a boa durabilidade e resistência a altas temperaturas, impactos e além de os materiais utilizados na obra serem encontrados com mais facilidade nas redondezas da obra.

De acordo com Paula e Araújo (2022), uma das vantagens da alvenaria convencional é a facilidade e o custo-benefício na adaptação de plantas e *layouts*. Essa característica permite que as edificações sejam personalizadas de acordo com as necessidades dos usuários, sem a necessidade de grandes reformas ou investimentos. Essa flexibilidade contribui para a valorização do imóvel e facilita sua comercialização.

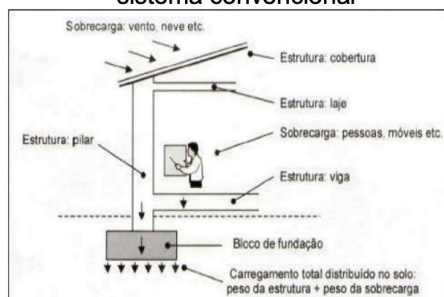
A principal desvantagem desse sistema é a baixa velocidade de execução, devido ao uso de ferramentas de baixa tecnologia e às características dos materiais empregados. O concreto e a argamassa requerem tempos específicos de secagem e cura que precisam ser respeitados, o que contribui para o prolongamento do processo. Além disso, o retrabalho é mais frequente nesse tipo de construção, aumentando a demanda de tempo (Flores, 2023).

Nas obras convencionais, o consumo de água é elevado mesmo antes de sua conclusão, sendo utilizada em atividades como a limpeza do canteiro, que frequentemente acumula poeira, resíduos e sujeira, além do uso para atender às necessidades de saúde dos trabalhadores. Segundo a Termo Técnica (2016), as construções em alvenaria consomem cerca de 500 litros de água por metro quadrado construído, enquanto o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS, esse consumo pode-se reduzir em até 75%. Após a conclusão da obra, o ambiente construído ainda continua afetando o meio ambiente por meio da geração de resíduos, do consumo de água e energia, do impacto visual e de atividades de reforma e manutenção (Laruccia, 2014).

A alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação, é um sistema construtivo em que a carga da estrutura é suportada por componentes como lajes, vigas, pilares e fundações, enquanto as paredes têm a função de separar e delimitar os ambientes (Figura 16 a 17).

A estrutura é composta de concreto armado, com argamassa para o assentamento dos elementos, e formas de madeira ou metal são empregadas durante o processo de concretagem.

**Figura 16 - Distribuição da estrutura do sistema convencional**



Fonte: Salgado, 2014.

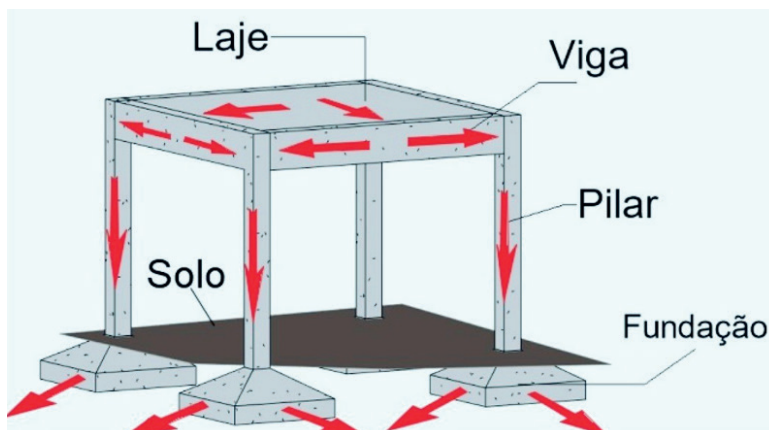
**Figura 17 - Sistema em alvenaria convencional**



Fonte: Projeto pronto, 2023.

Os pilares são elementos estruturais verticais que recebem as cargas das lajes e vigas, transferindo-as, em grande parte dos casos, para as fundações da edificação (Pinheiro, 2007). A NBR 6118 (ABNT, 2023, p. 84) também os define como “elementos lineares de eixo reto, geralmente dispostos na vertical, onde as forças normais de compressão são predominantes”. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023, p. 83), as vigas são definidas como “elementos lineares nos quais a flexão é a principal solicitação”. Pinheiro (2007), por sua vez, caracteriza as vigas como barras horizontais que circundam as lajes, recebendo as cargas provenientes, tanto das lajes quanto das paredes, e transmitindo-as aos apoios (Figura 18). O tipo de laje mais usada no sistema convencional é a treliçada, sendo constituída por vigotas de concreto armado, e os espaços entre elas podem ser preenchidos com EPS ou bloco cerâmico, sendo o bloco cerâmico o mais comum. No entanto, o uso de EPS oferece vantagens como menor carga sobre a estrutura e fundações, facilidade de manuseio e transporte, além de melhor isolamento térmico. Quando se utiliza esse tipo de laje, é fundamental impermeabilizar as áreas expostas às condições climáticas (Salgado, 2019).

**Figura 18** - Elementos estruturais citados anteriormente



Fonte: Próprios Autores - Adaptação, 2025.

Segundo Paula e Araújo (2022), alvenaria consiste essencialmente na sobreposição de tijolos ou blocos/elementos unidos por argamassa, formando uma estrutura vertical. Sua função principal é suportar sua própria carga da estrutura, impactos, proporcionar isolamento acústico e térmico, além de servir como vedação e delimitação de espaços. O bloco é um elemento de alvenaria caracterizado por apresentar aberturas prismáticas e/ou cilíndricas que atravessam perpendicularmente suas superfícies (conforme a NBR 15270-1/2023). Os blocos cerâmicos estão disponíveis em uma variedade de dimensões, conforme as Figuras 19 e 20.

**Figura 19** - Alvenaria de vedação



Fonte: Leite, 2020.

**Figura 20** - Blocos cerâmicos com 6 furos, 8 furos e 9 furos



Fonte: Cerâmica Atlanta, 2024.



## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho, é fruto de pesquisa caracterizada como um estudo de natureza básica, com abordagem descritiva e qualitativa, tendo como principal estratégia a pesquisa bibliográfica. Conforme destaca Gil (2019), a pesquisa científica constitui um procedimento racional e sistemático, cujo propósito é oferecer respostas a problemas propostos, por meio da coleta e interpretação de informações relevantes. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo comparar os sistemas construtivos em painéis monolíticos de EPS com o sistema tradicional de alvenaria.

Para a elaboração do estudo, foram consultadas diversas fontes, incluindo artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e normas técnicas, todas publicadas em língua portuguesa entre os anos de 2017 e 2025. Esse modelo metodológico, segundo Creswell e Creswell (2021), possibilita uma compreensão mais abrangente do fenômeno ao integrar a análise quantitativa com a interpretação de dados qualitativos, promovendo uma visão mais completa sobre o objeto de estudo.

A coleta de dados concentrou-se no levantamento dos custos totais e dos prazos de execução dos dois sistemas construtivos analisados. As informações foram extraídas de cinco estudos acadêmicos, selecionados com base em sua relevância e aderência ao escopo da pesquisa proposta, sendo uma dissertação de mestrado, um trabalho de conclusão de curso (TCC) e três artigos científicos.

Além disso, os dados referentes aos custos de serviços e materiais apresentados por Balbino (2020) foram atualizados com base nos valores vigentes no mês de maio de 2025, para o Estado do Piauí. Essa atualização foi realizada com o auxílio da Tabela do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), garantindo a adequação dos valores às condições atuais do mercado da construção civil.

Assim, os dados dos trabalhos selecionados foram organizados no Quadro 02 a seguir.

Quadro 02 – Trabalhos selecionados

| Autor(es)                                                    | Título                                                                                                                                       | Ano  | Natureza    |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|
| FUHR, A. G.                                                  | Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em EPS e com blocos cerâmicos | 2017 | Dissertação |
| BALBINO, M. S.                                               | Sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS: uma solução para a construção de habitações populares no Brasil                           | 2020 | TCC         |
| BRITO, H. B. S.;<br>CAMARGO, L. S. F.;<br>GARCIA, F. F.      | Modelo construtivo em poliestireno expandido: comparativo entre construtivos de EPS e alvenaria convencional                                 | 2021 | Artigo      |
| CARDOSO, G. F.;<br>COSTA, M. V. L.                           | Análise custo-benefício entre painéis monolíticos (EPS) como alternativa às estruturas de alvenaria                                          | 2023 | Artigo      |
| OLIVEIRA, V. A.;<br>NASCIMENTO, L. S.;<br>PEDREIRO, M. R. M. | Análise comparativa do método construtivo com bloco cerâmico e com painéis monolíticos EPS - revisão de literatura                           | 2023 | Artigo      |

Fonte: Próprios Autores, 2025.

### 3.2 Resultados e Discussão

O estudo desenvolvido por Fuhr (2017) teve como objetivo realizar uma análise comparativa dos custos entre o sistema convencional de alvenaria e o sistema com painéis monolíticos de EPS, empregados como elementos de vedação vertical. Os resultados demonstraram que a utilização do EPS oferece vantagens significativas, tanto na redução de custos com materiais, como concreto e aço, quanto na diminuição do tempo de execução da obra. Além disso, o sistema se apresenta como uma alternativa mais sustentável, ao contribuir para a redução de resíduos no canteiro de obras e promover um processo construtivo mais limpo e eficiente.

Na análise prática, foram comparadas duas edificações: a A-1, executada em alvenaria convencional, e a A-2, construída com painéis

de EPS. A área destinada às vedações verticais foi de 2.040,38 m<sup>2</sup> na edificação em alvenaria e de 1.041,95 m<sup>2</sup> na obra com EPS, considerando-se uma margem de perda de 10%. Em relação aos custos, a edificação com sistema convencional apresentou um valor total de R\$ 1.822.062,31, enquanto a estrutura com painéis de EPS totalizou R\$ 837.178,94. Quanto ao prazo de execução, o sistema convencional demandou 85 dias, ao passo que o sistema em EPS reduziu esse tempo para 67 dias. Diante dos aspectos analisados, a Tabela 01 apresenta um comparativo entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS, considerando o custo total e o tempo de execução, conforme dados de Fuhr (2017).

**Tabela 01** – Comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS segundo Fuhr (2017)

| Descrição                  | Alvenaria Convencional                                                          | Painéis Monolíticos de EPS                                                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área de vedações verticais | 2.040,38 m <sup>2</sup>                                                         | 1.041,95 m <sup>2</sup>                                                                    |
| Custo total (R\$)          | R\$ 1.822.062,31                                                                | R\$ 837.178,94                                                                             |
| Tempo de execução          | 85 dias                                                                         | 67 dias                                                                                    |
| Observações                | Maior tempo de execução, maior geração de resíduos, maior uso de concreto e aço | Menor tempo de execução, obra mais limpa, menor uso de concreto e aço, redução de resíduos |

**Fonte:** Dados adaptados de Fuhr, 2017.

O estudo realizado por Balbino (2020) analisou dois modelos de residência baseados no mesmo projeto arquitetônico, diferenciando-se apenas pelos sistemas construtivos empregados. A edificação avaliada trata-se de uma residência unifamiliar voltada para habitação popular, com pé-direito de 3,0 metros. Para a cobertura, optou-se por telhas termoacústicas no modelo colonial, com comprimento de 1,0 metro, a fim de proporcionar maior conforto térmico aos ocupantes. A configuração interna da residência inclui sala de estar integrada à sala de jantar, dois dormitórios, cozinha, banheiro social, circulação e área de serviço, totalizando uma área construída de 46,80 m<sup>2</sup>.

A partir da análise dos projetos, foi realizado um levantamento detalhado dos quantitativos e dos custos referentes aos dois métodos construtivos: o convencional, com blocos cerâmicos, e o sistema com



painéis monolíticos de EPS. A comparação entre ambos permitiu identificar qual solução apresenta melhor viabilidade econômica e eficiência construtiva. Para essa avaliação, os dados de materiais foram obtidos nos projetos complementares, enquanto os valores de insumos e serviços foram extraídos da Tabela SINAPI, considerando os preços vigentes em junho de 2020.

Os resultados demonstraram que o custo total da obra com painéis de EPS foi de R\$ 35.022,43, enquanto a construção pelo método tradicional de alvenaria cerâmica alcançou o valor de R\$ 49.421,77. Isso representa uma redução de aproximadamente 29,13%, correspondendo a uma economia de R\$ 14.399,34 por unidade habitacional.

No que se refere ao tempo de execução, o estudo também evidenciou uma redução significativa no cronograma da obra com o uso do sistema em EPS. A montagem desse sistema é bastante ágil, possibilitando a execução da estrutura da residência em poucas horas. Em contrapartida, o sistema convencional requer vários dias para a conclusão de pilares, vigas e alvenaria de vedação. Essa agilidade também se estende às etapas de revestimento, as quais são otimizadas com a utilização de chapiscadeira pneumática, resultando em aumento da produtividade. Considerando os parâmetros de desempenho, viabilidade econômica e produtividade, torna-se relevante apresentar, na Tabela 02, um comparativo entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS.

**Tabela 02** – Comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS

| Descrição         | Alvenaria Convencional                                                          | Painéis Monolíticos de EPS                                                          |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Área construída   | 46,80 m <sup>2</sup>                                                            | 46,80 m <sup>2</sup>                                                                |
| Custo total (R\$) | R\$ 49.421,77                                                                   | R\$ 35.022,43                                                                       |
| Economia (%)      | –                                                                               | 29,13%                                                                              |
| Tempo de execução | Vários dias para estrutura e paredes                                            | Estrutura executada em poucas horas                                                 |
| Observações       | Demanda mais etapas, maior tempo nas fases de estrutura, vedação e revestimento | Maior rapidez na montagem da estrutura e no revestimento, menor geração de resíduos |

**Fonte:** Dados adaptados de Balbino (2020).

Com base na análise desenvolvida por Balbino (2020), os custos de serviços e materiais foram atualizados conforme os dados da Tabela SINAPI, utilizando como referência os valores vigentes no mês de maio de 2025, para o Estado do Piauí.

A atualização dos dados reforça a constatação de que o uso do sistema construtivo com painéis monolíticos de EPS proporciona uma economia média de 15,5% em comparação ao sistema convencional em alvenaria, considerando a execução de um mesmo projeto arquitetônico, conforme a Tabela 03.

**Tabela 03** – Comparativo de custo total entre os sistemas construtivos, valores SINAPI para o Estado do Piauí (maio/2025)

| Descrição                | Alvenaria Convencional (R\$) | Painéis Monolíticos EPS (R\$) |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Infraestrutura           | 11.039,82                    | 7.528,78                      |
| Superestrutura e Paredes | 16.516,79                    | 14.173,82                     |
| Esquadrias               | 6.995,35                     | 6.995,35                      |
| Cobertura                | 12.805,21                    | 9.943,21                      |
| Impermeabilização        | 1.668,52                     | 562,86                        |
| Revestimentos            | 16.878,84                    | 16.878,84                     |
| Instalações              | 12.430,62                    | 11.804,83                     |
| Custo Total              | 80.334,15                    | 67.887,69                     |
| Economia do EPS          | -                            | 12.446,46 (15,5% a menos)     |

**Fonte:** Dados elaborados pelos autores (2025) com base na atualização dos orçamentos de Balbino, 2020.

O estudo conduzido por Brito, Camargo e Garcia (2021) compara dois sistemas construtivos aplicados a uma residência unifamiliar: o método tradicional em alvenaria com blocos cerâmicos e o sistema com painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS). A edificação analisada possui 120,68 m<sup>2</sup> de área construída e 110,74 m<sup>2</sup> de área útil. A partir da análise dos projetos arquitetônico e estrutural, bem como do levantamento dos quantitativos, foi possível estimar os custos e o tempo de execução de ambos os métodos, com base nos valores da Tabela SINAPI de 2019.

Em termos de custo, o sistema convencional de alvenaria apresentou um valor total de R\$ 18.613,46, contemplando as etapas de fundação com vigas baldrame, impermeabilização, execução das paredes com blocos cerâmicos e fabricação de vergas e contravergas. Esse cus-

to reduzido é atribuído à ampla disponibilidade de materiais no mercado e aos preços acessíveis dos blocos cerâmicos e demais insumos.

Por outro lado, a construção com painéis de EPS totalizou um custo de R\$ 29.162,37, significativamente superior ao do sistema convencional. Essa diferença se deve, principalmente, ao maior custo dos painéis, que ainda possuem baixa difusão no mercado nacional e poucos fornecedores, o que encarece o fornecimento. No entanto, esse sistema elimina diversas etapas da obra — como a montagem de fôrmas de madeira para as vigas baldrame, a execução de vergas e contravergas e a impermeabilização dessas vigas —, resultando em redução de custos com mão de obra e otimização do cronograma de execução.

Quanto ao tempo de execução, o sistema com EPS demonstrou ser notavelmente mais ágil. A montagem das canaletas e paredes foi concluída em apenas 3 dias, enquanto o sistema convencional demanda um período consideravelmente maior para a realização das mesmas atividades. Além disso, o método em EPS contribui para reduzir o tempo total da obra, ao simplificar os processos, exigir menos mão de obra e proporcionar maior organização do canteiro de obras.

A seguir, na Tabela 04, apresenta-se um comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS, segundo dados de Brito, Camargo e Garcia (2021). Este levantamento evidencia as diferenças significativas entre os dois sistemas, tanto no aspecto econômico quanto na produtividade da obra.

**Tabela 04** – Comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS segundo Brito, Camargo e Garcia (2021)

| Descrição         | Alvenaria Convencional                                               | Painéis Monolíticos de EPS                                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Área construída   | 120,68 m <sup>2</sup>                                                | 120,68 m <sup>2</sup>                                                             |
| Custo total (R\$) | R\$ 18.613,46                                                        | R\$ 29.162,37                                                                     |
| Tempo de execução | Significativamente maior, demanda vários dias                        | Montagem concluída em 3 dias                                                      |
| Observações       | Menor custo de materiais, porém mais etapas e mais tempo de execução | Custo maior dos materiais, mas elimina diversas etapas, reduz mão de obra e tempo |

**Fonte:** Dados adaptados de Brito, Camargo e Garcia, 2021.

O artigo elaborado por Cardoso e Costa (2023) tem como objetivo analisar e comparar o desempenho de dois sistemas construtivos: o método convencional em alvenaria de blocos cerâmicos e o sistema composto por painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS). Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de visitas técnicas realizadas em um condomínio residencial de alto padrão, situado na zona Sudeste da cidade de Teresina – PI.

Com base na análise dos projetos, foi realizado o levantamento quantitativo e orçamentário dos dois métodos. Para a unidade habitacional construída com alvenaria convencional, cuja área total é de 222,19 m<sup>2</sup>, o custo final apurado foi de R\$ 398.729,00. Já a unidade executada com painéis monolíticos de EPS apresentou uma área de 283,94 m<sup>2</sup> e custo total de R\$ 394.716,16. Apesar da metragem superior, o sistema em EPS apresentou um custo inferior, evidenciando sua eficiência econômica, especialmente em projetos de maior porte.

Ainda segundo os autores, o sistema com painéis de EPS se destaca pela significativa redução no tempo de execução, possibilitando a montagem estrutural em poucos dias, ao contrário do método convencional, que pode demandar várias semanas. Essa agilidade impacta positivamente nos custos indiretos da obra, como aluguel de equipamentos, manutenção do canteiro e despesas com mão de obra.

Além disso, a análise do custo por metro quadrado evidencia que o sistema em EPS apresenta melhor relação custo-benefício, considerando fatores como menor desperdício de materiais, maior conforto térmico e otimização do cronograma da construção. Com base no estudo realizado por Cardoso e Costa (2023), a Tabela 05 a seguir apresenta um comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e EPS.

**Tabela 05** – Comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS

| Descrição         | Alvenaria Convencional | Painéis Monolíticos de EPS |
|-------------------|------------------------|----------------------------|
| Área construída   | 222,19 m <sup>2</sup>  | 283,94 m <sup>2</sup>      |
| Custo total (R\$) | R\$ 398.729,00         | R\$ 394.716,16             |
| Tempo de execução | Semanas                | Poucos dias                |

|             |                                                                                                |                                                                                                    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Observações | Maior tempo de execução, custos indiretos mais elevados (equipamentos, mão de obra e canteiro) | Menor tempo de execução, redução dos custos indiretos, menor desperdício e melhor conforto térmico |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Fonte:** Dados adaptados de Cardoso e Costa (2023).

Por fim, de acordo com Oliveira, Nascimento e Pedreiro (2023), a análise comparativa entre os métodos construtivos em alvenaria cerâmica e em painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) evidencia diferenças significativas tanto no custo final da obra quanto no tempo de execução. Os autores ressaltam que o prazo total de construção varia conforme a complexidade do projeto; no entanto, de maneira geral, as obras executadas com sistema convencional em alvenaria cerâmica demandam períodos mais longos, com tempo estimado entre 6 e 12 meses até a conclusão.

Em contraste, as construções realizadas com painéis monolíticos de EPS apresentam uma redução expressiva no tempo de execução, com prazos médios variando entre 3 e 6 meses. Essa diferença está diretamente relacionada às características dos sistemas construtivos. O método convencional exige maior número de etapas, apresenta maior complexidade na execução e elevada geração de resíduos, o que acarreta maior tempo de obra e necessidade de recursos adicionais para gerenciamento de resíduos. Para acelerar esse processo, seria necessário aumentar o número de profissionais no canteiro, o que, por sua vez, elevaria o custo final da construção.

Por outro lado, o sistema com painéis de EPS destaca-se pela facilidade de montagem, menor complexidade dos processos e reduzida geração de resíduos sólidos. Essas características proporcionam uma obra mais limpa, organizada e eficiente, com menor demanda por mão de obra e redução dos custos indiretos, como logística, descarte de materiais e manutenção do canteiro.

Dessa forma, além de agilizar a execução, o método em EPS também se mostra mais vantajoso economicamente, tanto em relação ao tempo de obra quanto ao custo total, quando comparado ao sistema convencional em alvenaria cerâmica.

Conforme dados de Oliveira, Nascimento e Pedreiro (2023), a Tabela 06 apresenta o comparativo de custo total e tempo de execução en-

tre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS, evidenciando as diferenças quanto à economia e à eficiência construtiva.

**Tabela 06** – Comparativo de custo total e tempo de execução entre os sistemas de alvenaria convencional e painéis monolíticos de EPS segundo Oliveira, Nascimento e Pedreiro (2023)

| Descrição         | Alvenaria Convencional                                                                                         | Painéis Monolíticos de EPS                                                                           |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tempo de execução | 6 a 12 meses                                                                                                   | 3 a 6 meses                                                                                          |
| Custo total       | Mais elevado devido à maior mão de obra e tempo de execução                                                    | Menor, devido à rapidez, menor mão de obra e menos resíduos                                          |
| Observações       | Maior geração de resíduos, mais etapas, necessidade de mais profissionais para reduzir prazo (encarece a obra) | Obra mais limpa, organizada, com menos resíduos, menor demanda de mão de obra e menor custo indireto |

**Fonte:** Dados adaptados de Oliveira, Nascimento e Pedreiro, 2023.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada, foi possível compreender de forma abrangente as características, fundamentos e vantagens do sistema construtivo monolítico em poliestireno expandido (EPS), cuja proposta se fundamenta na agilidade da execução e na adoção de métodos construtivos mais eficientes e racionais. Diante do crescimento contínuo da demanda por soluções ágeis e sustentáveis no setor da construção civil, torna-se evidente a necessidade de incorporação de sistemas inovadores, que conciliem qualidade, sustentabilidade e produtividade.

Os dados obtidos indicam que o sistema em EPS atende satisfatoriamente aos requisitos técnicos necessários para, em determinadas situações, substituir o modelo convencional de alvenaria. Além disso, alinha-se às boas práticas sustentáveis, cada vez mais exigidas pelo mercado contemporâneo, especialmente no que tange à redução de resíduos, eficiência energética e racionalização do uso de recursos naturais e humanos.

Entre os principais benefícios observados, destacam-se a redução significativa do tempo de obra, a otimização dos processos

construtivos e, como consequência, a melhor alocação de recursos financeiros e operacionais. No entanto, o sistema ainda enfrenta limitações no contexto brasileiro. Segundo Brito, Camargo e Garcia (2021), um dos principais entraves é o elevado custo dos painéis monolíticos, consequência da baixa oferta no mercado nacional e da restrita quantidade de fornecedores especializados. Esse cenário contrasta com a realidade de outros países, onde o uso consolidado da tecnologia promove maior competitividade e preços mais acessíveis.

Apesar dessas limitações, não é possível afirmar categoricamente a superioridade ou desvantagem do EPS em termos de custo total quando comparado ao método convencional. Enquanto Brito, Camargo e Garcia (2021) apontam que os painéis ainda apresentam custos elevados no Brasil, outros estudos — como os de Fuhr (2017), Balbino (2020), Cardoso e Costa (2023) e Oliveira, Nascimento e Pedreiro (2023) — demonstram que o sistema em EPS pode se revelar mais econômico, especialmente quando se consideram fatores como celeridade na execução, redução de desperdícios e menor demanda por mão de obra especializada.

Evidencia-se ainda a escassez de pesquisas acadêmicas nacionais sobre o uso do EPS na construção civil, o que configura um obstáculo à consolidação e ao desenvolvimento dessa tecnologia no Brasil. Esse panorama reforça a necessidade de investimentos em pesquisa, capacitação técnica e divulgação de sistemas construtivos industrializados. Culturalmente, o setor da construção civil brasileira ainda apresenta resistência à adoção de métodos inovadores, comportamento que pode ser atribuído ao perfil conservador do mercado, à falta de mão de obra qualificada e aos custos iniciais envolvidos na implementação de novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-1:2023 — Blocos cerâmicos para alvenaria – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8545: Execução de alvenaria** ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas.



cas. [S.l.]. ABNT, 2024. Disponível em: <https://abnt.org.br>. Acesso em: 1 set. 2024.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT. 2021. 98 p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT. 2023. 242 p. Disponível em: <https://abnt.org.br>. Acesso em: 1 set. 2024.

ABRAPEX. **Manual de utilização – EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2016. Acesso em: 14 set. de 2024.

AFFONSO, Bruno de Castro *et al.* **O uso do sistema monolítico em EPS na construção civil: uma alternativa sustentável**. Revista Construindo, Belo Horizonte, ano 2023, v. 15, p. 78-103, 11 abr. 2023. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/9349>. Acesso em: 28 set. 2024.

ALVES, J. P. O. **Sistema construtivo em painéis monolítico de EPS**. 2015.<<https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/123456789/8028/1/Jo%C3%A3oPauloDeOliveiraAlvesTCCGRADUACAO2015.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2024.

ARAÚJO, I. C.; PEREIRA, I. N. A.; PINHEIRO, É. C. N. M. **Estudo do processo construtivo de um protótipo que servirá como base para uma residência unifamiliar utilizando painel monolítico em Manaus/Amazonas**. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 70502–70521, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n11-003b. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54345>. Acesso em: 19 ago. 2024.

BALBINO, M. S. **Sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS: uma solução para a construção de habitações populares no Brasil**. Orientador: Cibelle Guimarães Silva Severo. 2020. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de engenharia civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**. 1996. 422 f. Tese (Doutorado) - Curso de engenharia civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BERTOLDI, R. H. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. Orientador: Dr. Fernando Barth. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de engenharia civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89757/241196.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 out. 2024.

BRITO, H. B. S.; CAMARGO, L. S. F.; GARCIA, F. F. **Modelo construtivo em poliestireno expandido: comparativo entre construtivos de EPS e alvenaria convencional**. RECIEC - Revista Científica de Engenharia Civil, Goiás, v. 04, n. 02, p. 121-144, 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: insumos e custos referenciais de maio de 2025: estado do Piauí**. Brasília, DF: Caixa Econômica Federal, 2025. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br>. Acesso em: 22 maio 2025.

CARDOSO, G. F.; COSTA, M. V. D. L. **Análise custo-benefício entre painéis monolíticos (eps) como alternativa às estruturas de alvenaria**. 128. ed. PIAUÍ : Revista ft, v.27, 2023. ISBN: 1678-0817 . Disponível em: <https://revistaft.com.br/analise-custo-beneficio-entre-painéis-monoliticos-eps-como-alternativa-as-estruturas-de-alvenaria/>. Acesso em: 10 mai. 2025.

CASA TETO. **Vantagens e desvantagens de construir com EPS**, 2020. Disponível em: <https://casateto.com.br/vantagens-e-desvantagens-de-construir-comesp/>. Acesso em: 11 out. 2024.

CERÂMICA ATLANTA . **Cerâmica atlanta** . [S.l.]. Cerâmica atlanta , 2024. Disponível em: <https://ceramicaatlanta.com.br/tijolo-6-furos-padroao-115x14x24-preco/> . Acesso em: 20 fev. 2025.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 6. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

DUARTE, L. P.; CARNEIRO, P. V. Sistema Construtivo Utilizando-se Poliestireno Expandido para Vedação Vertical. Artigo de Graduação - Universidade Católica de Brasília. Brasília, DF, 2015, 30p.

EMMEDUE, A. B. S. **Sistema Construttivo Emmedue**. 2014. Disponível em: [www.mdue.it/](http://www.mdue.it/). Acesso em: 28 ago. 2024. ENIAC Pesquisa, Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 69-84, jan-jun 2014.

FERNANDES, G. D. **Desenvolvimento técnico e avaliação de custo e benefício do sistema construtivo de painéis sanduíche, com núcleo de garrafas pet, moldadas no local**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

FERREIRA, C. **Novo centro comercial é inaugurado em Cuiabá**. 2012. Disponível em: <<http://www.gazetadigital.com.br/conteudo/show/secao/9/materia/358205/t/novo-centro-comercial-e-inaugurado-em-cuiaba>>. Acesso em: 14 set. 2024.

FLORES, M. B. **Comparação entre os sistemas construtivos em alvenaria convencional e painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) para habitações unifamiliares**. Manancial Repositório Digital da UFSM. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/29958>. Acesso em: 03 set. 2024.

FRASSON, K. C.; BITENCOURT, M. **Análise comparativa dos sistemas construtivos alvenaria convencional e light steel frame: um estudo de caso em residência unifamiliar**. Orientador: Mara Regina Gomes. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de engenharia civil, centro urbano, Universidade Do Sul De Santa Catarina, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://repositorio.anima-educacao.com.br/handle/ANIMA/4479>. Acesso em: 25 set. 2024.

FREITAS, G. N. N. **Habitações de interesse social no Brasil: a questão qualitativa dos projetos arquitetônicos populares**. 2021. Relatórios de Pesquisa (Programa de Iniciação Científica) – UniCEUB. Brasília, DF. 2021.

FUHR, A. G. **Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em EPS e com blocos cerâmicos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos Escola Politécnica, São Leopoldo. 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOULART, L. B.; JUNIOR, G. C. S.; RODRIGUES, V. F. **Sistema construtivo monolítico em EPS**. *Ln: Portal de Publicações UNIFIMES*. Portal de Publicações UNIFIMES. [S.l.]. 23 mai. 2018. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/ainéis/article/view/375/454>. Acesso em: 18 set. 2024.

HOSANAP. **AEC soluções em EPS**. São Paulo: Construmarket, 2024. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/ainéis-em-eps/materia/casas-construidas-com-paineis-monoliticos-de-eps-são-seguras-e-economicas/19783>. Acesso em: 25 out. 2024.

ISOALFA. **Painéis monolíticos em EPS**. 2015. Disponível em: <https://isoalfa.com.br/paineismonoliticos/>. Acesso em: 10 out. 2024.

ISOFORT . Grupo isofort soluções em EPS. **Monopainel sistema construtivo em EPS**. [S.l.]. Isofort, 2023. Disponível em: <https://isofort.com.br/p/monopainel/>. Acesso em: 27 mar. 2025.

ISOMAF . **Isomaf tecnologia em EPS**. [S.l.]. Isomaf , 2020. Disponível em: <https://isomaf.com.br/produto/perolas-de-eps/>. Acesso em: 13 mar. 2025.

ISORECORT. **Painéis monolíticos de EPS são regulamentados pelo Ministério das Cidades**. <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/ainéis-monoliticos-de-eps-são-regulamentados-pelo-ministerio-das-cidades/18527>. Acesso em: 20 out. 2024.

JESUS, A. T. C.; BARRETO, M. F. F. M. **Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e moldes isolantes para concreto (ICF)**. Engineering and Science, Farroupilha, Porto Alegre, v. 3, p. 12-27, 2018. 2358-5390. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES201876926>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6926>. Acesso em: 10 set. 2024.

KLEIN, B. G; MARONEZI, V. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de conjuntos habitacionais**. 2013. 141 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

LARUCCIA, M. M. **Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Construção Civil**. REVISTA ENIAC PESQUISA. 2014. Disponível em: <https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/124>. Acesso em: 28 março. 2025.

LEITE, J. V. **Alvenaria de vedação x alvenaria estrutural**. 2020. Disponível em: <https://projetajr.com.br/uncategorized/alvenaria-de-vedacao-x-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 12 maio. 2025.

MARTINS, D. S.; BATISTA, C. N.; SILVA, M. E. **Abordagem da aplicabilidade de sistemas construtivos (light steel frame, wood frame e alvenaria) na construção civil**. Periódico Unifev, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifev.edu.br/index.php/unic/article/view/1316/1138>. Acesso em: 1 nov. 2024.

MENDES, G. F. **Índice global de impacto dos métodos construtivos light steel frame e alvenaria convencional**. 2021. 67 f. Monografia (Graduação) – Curso em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

MONOLITE. **Monolite Construtora**. Disponível em: <<https://monolite-construtora.com.br/>>. Acesso em: 24 nov. 2024.

MOURA, J. V. S.; SANTOS, M. T. F. **A utilização do Poliestireno Expandido na Construção Civil**. 2019. 50 f. TCC (Graduação) – Curso em engenharia civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2019.

OLIVEIRA, V. D. A.; NASCIMENTO, L. S. D.; PEDREIRO, M. R. D. M. **Análise comparativa do metodo construtivo com bloco cerâmico e com paineis monoliticos EPS: revisão de literatura**. São Paulo: Revista Ibero-Americana de Humanidades, v.9, 2023. ISBN: 2675 – 3375.

PAREDE BETEL . **Parede betel soluções em EPS**. [S.l.]. Parede betel , 2018. Disponível em: <https://paredesbetel.com.br/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

PAULA, G. A. A.; TEIXEIRA, R. S. **Análise de execução de estruturas de EPS em residência unifamiliar em Jaraguá-GO. 2019.** Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Evangélica de Jaraguá, 2019. Disponível em: <[http://45.4.96.19/bitstream/aee/1500/1/2019\\_1\\_TCC\\_PaulaGeovaniAiresAssisde.pdf](http://45.4.96.19/bitstream/aee/1500/1/2019_1_TCC_PaulaGeovaniAiresAssisde.pdf)> Acesso em: 15 mar. 2025.

PAULA, G. S.; ARAÚJO, T. F. **Sistema construtivo monolítico: revisão sistemática das vantagens frente ao sistema construtivo convencional de alvenaria.** Orientador: Maycol Moreira Coutinho. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos (UNICEPLAC), Gama, DF, 2022. Disponível em: [https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/2712/1/Gustavo%20Silva%20de%20Paula\\_%20Tiago%20Fernandes%20de%20Ara%C3%BAjo.pdf](https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/2712/1/Gustavo%20Silva%20de%20Paula_%20Tiago%20Fernandes%20de%20Ara%C3%BAjo.pdf). Acesso em: 14 mar. 2025.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios.** 2007. Disponível em: <https://arquitetonica.files.wordpress.com/2011/11/fundamentos-do-concreto-eesc-usp.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

PRINTES, Lourdes Cristina D. **Avanços na Construção Civil com Uso de EPS.** LCP Engenharia&Construção, 2018. Disponível em: <https://www.lcpengenharia.com.br/artigo-eps-construcao>. Acesso em: 23 mai. 2025.

PROJETO PRONTO . **Parede betel soluções em EPS. Sistemas Construtivos.** [S.l.]. Projeto pronto , 2023. Disponível em: <https://projetoпрonto.com.br/sistemas-construtivos>. Acesso em: 26 mar. 2025.

RODRIGUES, S. O. **Análise comparativa dos sistemas construtivos em painéis monolíticos de poliestireno expandido e alvenaria convencional em edificações residenciais.** Orientador: Ludimilla da Silveira Ferreira Açailândia 2022. 2022. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Açailândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.uemasul.edu.br/handle/123456789/143>. Acesso em: 10 out. 2024.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificações.** 3. ed. São Paulo: Érica, 2019.

SANTIAGO, D. M.; NEWTON, C. B. **Abordagem da aplicabilidade de sistemas construtivos (light steel frame, wood frame e alvenaria) na construção civil.** Periódico Unifev, [s. l.], p. 172-173, 2017. Dis-

ponível em: <https://periodicos.unifev.edu.br/index.php/unic/article/view/1316/1138>. Acesso em: 8 out. 2024.

SANTOS, A. **Parede de EPS recoberta por concreto: tecnologia evolui**. Massa Cinzenta. Área Técnica, 2015. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/parede-de-eps-recoberta-por-concreto/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SANTOS, R. F. C. D. **Sistema monolítico e alvenaria de blocos cerâmicos estudo comparativo como elementos de vedações internas para edificações**. Orientador: Jorge dos Santos. 2014. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de engenharia civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011771.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

SEGOLIN, A. F. *et al.* **Estudo comparativo entre sistemas monolíticos em painéis EPS e sistema construtivo convencional**. Engenharia Moderna: Desafios Interdisciplinares, Campinas, p. 187-201, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.80723110713>. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/estudo-comparativo-entre-sistemas-monoliticos-em-paineis-eps-e-sistema-construtivo-convencional>. Acesso em: 1 out. 2024.

SILVA, A. C. **Diagnóstico dos impactos ambientais dos resíduos de construção e demolição: subsídios para proposição e avaliação de um modelo de gestão para o município de Frutal - MG**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2017.

SIMPLÍCIO, W. A.; NARVÁEZ, N. S. **Análise do processo construtivo com uso do painel monolítico em EPS: estudos de caso em edificações residenciais**. Revista Caderno Pedagógico, Curitiba, v.21, n.6, p. 01-26. 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n6-164. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/5006/3437>. Acesso em: 02 set. 2024.

SOUZA, A. C. A. G. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria Acadêmica. Mestrado em Engenharia Civil, 2009.



TERMOTÉCNICA. **Método construtivo inovador e sustentável recebe certificação.** Disponível em: < <http://www.termotecnica.ind.br/metodo-construtivoinovador-e-sustentavel-recebe-certificacao/>>. Acesso em: 12 set. de 2024.

TREVEJO, H. Henrique. **Análise comparativa entre sistemas construtivos convencional e monolítico em painéis EPS para residenciais unifamiliares.** 2019. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unicesumar, Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018.

VARGAS, M. **Para uma filosofia da tecnologia.** São Paulo: Alfa-Ômega, 1994. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos\\_sinat.php](http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php). Acesso em: 24 out. 2024.

## CAPÍTULO 8

### COMPARAÇÃO ENTRE STEEL FRAME E ALVENARIA ESTRUTURAL: UMA ANÁLISE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS NA ENGENHARIA CIVIL

*COMPARISON BETWEEN STEEL FRAME AND STRUCTURAL MASONRY:  
AN ANALYSIS OF CONSTRUCTION SYSTEMS IN CIVIL ENGINEERING*

**Pedro Eduardo Simão Bezerra**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-0319-3487>

[pedrobezerra89@gmail.com](mailto:pedrobezerra89@gmail.com)

**Gildene Fortes de Meneses Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-0319-183X>

[gildenemeneses@yahoo.com.br](mailto:gildenemeneses@yahoo.com.br)

**Maria dos Remédios Magalhães**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-7066-5011>

[magalhãesantosjl@gmail.com](mailto:magalhãesantosjl@gmail.com)

**Maysa Memória Martins**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-0964-7700>

[maysa\\_memoria@hotmail.com](mailto:maysa_memoria@hotmail.com)

**Domingos Sávio do Nascimento**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-8580-8783>

[saviomatem@yahoo.com.br](mailto:saviomatem@yahoo.com.br)

**Ana Raquel Silva Melo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-00017581-6010>

[anarakelmelo@hotmail.com](mailto:anarakelmelo@hotmail.com)

**Neirigelson Ferreira de Barros Leite**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-6505-1368>

[neirigelson@chrisfapi.com.br](mailto:neirigelson@chrisfapi.com.br)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>

[natanael\\_mendes2@gmail.com](mailto:natanael_mendes2@gmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**RESUMO**

Este artigo apresenta uma análise comparativa detalhada entre os sistemas construtivos Steel Frame e Alvenaria Estrutural, amplamente utilizados na construção civil. Por meio de uma revisão bibliográfica, o estudo aborda os principais aspectos técnicos e práticos de cada método, incluindo custo, tempo de execução, desempenho térmico e

acústico, sustentabilidade e durabilidade. O objetivo principal é auxiliar profissionais da área na escolha do sistema mais adequado, considerando as demandas específicas de diferentes projetos, como tipo de construção, condições climáticas e requisitos de eficiência. A comparação destaca as vantagens e limitações de ambos os métodos, promovendo uma visão crítica sobre sua aplicabilidade em diferentes contextos. Além de oferecer subsídios para decisões mais informadas, este trabalho reforça a importância de integrar sustentabilidade e eficiência no planejamento e execução de obras. A análise busca contribuir para o desenvolvimento de práticas mais inovadoras, econômicas e ambientalmente responsáveis na construção civil.

**Palavras-chave:** Comparação. Steel Frame. Alvenaria Estrutural.

## ABSTRACT

This article presents a detailed comparative analysis between the Steel Frame and Structural Masonry construction systems, both widely used in the civil construction sector. Through a literature review, the study addresses the main technical and practical aspects of each method, including cost, execution time, thermal and acoustic performance, sustainability, and durability. The primary objective is to assist professionals in the field in choosing the most appropriate system, considering the specific demands of different projects, such as type of construction, climatic conditions, and efficiency requirements. The comparison highlights the advantages and limitations of both methods, promoting a critical view of their applicability in various contexts. In addition to providing support for more informed decisions, this work emphasizes the importance of integrating sustainability and efficiency into the planning and execution of construction projects. The analysis aims to contribute to the development of more innovative, cost-effective, and environmentally responsible practices in civil construction.

**Keywords:** Comparison. Steel Frame. Structural Masonry.

## 1. INTRODUÇÃO

A escolha do sistema construtivo adequado é um dos aspectos mais críticos no planejamento e execução de projetos de construção

civil. Esse processo impacta diretamente não apenas o custo e o tempo de execução da obra, mas também sua durabilidade, desempenho térmico e acústico, além de influenciar a sustentabilidade do empreendimento. Com o avanço das técnicas construtivas e a constante busca por soluções mais rápidas, eficientes e sustentáveis, surge a necessidade de avaliar as vantagens e limitações dos sistemas disponíveis. Dentre os métodos mais utilizados, destacam-se o *Steel Frame* e a Alvenaria Estrutural, que, apesar de ambos serem amplamente aplicados, apresentam características que os tornam mais adequados a contextos específicos (Silva, 2021; Costa, 2019).

O *Steel Frame* é um sistema construtivo leve, composto por perfis de aço galvanizado que formam a estrutura principal da edificação. Esse método é amplamente valorizado por sua agilidade na execução das obras, o que o torna ideal para projetos que exigem rapidez, como habitações de baixo custo e empreendimentos industriais. Além disso, apresenta boa resistência sísmica, devido à flexibilidade do aço, sendo uma escolha interessante para regiões com maior risco de terremotos (Pereira & Almeida, 2020).

Por outro lado, a alvenaria estrutural é um sistema tradicionalmente utilizado em obras de médio e grande porte, onde as paredes de blocos, que podem ser de concreto ou cerâmicos, não apenas dividem os ambientes, mas também suportam as cargas da edificação. Sua principal vantagem reside na robustez e durabilidade, características que a tornam a solução preferida em projetos de maior escala e complexidade (Gomes, 2018).

Embora ambos os sistemas ofereçam soluções distintas, a escolha entre eles nem sempre é simples. O *Steel Frame* se destaca por sua rapidez de execução, mas pode ter um custo inicial mais elevado devido à necessidade de materiais específicos e técnicas de montagem especializadas (Mendes, 2021).

Por sua vez, a alvenaria estrutural, embora tenha um custo inicial mais baixo, pode demandar mais tempo de execução e apresentar limitações em relação ao desempenho térmico e acústico, exigindo complementos para alcançar o conforto desejado (Lima & Souza, 2017).

Estudos anteriores indicam que a escolha entre esses dois sistemas depende de uma série de fatores, como o tipo de projeto,

o orçamento disponível, as condições climáticas e as exigências de sustentabilidade (Costa, 2019; Silva, 2021). Essa análise se torna essencial para que engenheiros e outros profissionais da construção civil possam tomar decisões informadas e mais assertivas, de modo a otimizar os recursos e melhorar a eficiência dos projetos.

Diante desse cenário, o presente artigo se propõe a realizar uma análise comparativa entre o *Steel Frame* e a Alvenaria Estrutural, a fim de contribuir para o entendimento aprofundado das vantagens e desvantagens de cada sistema. A importância deste estudo reside na necessidade de fornecer informações claras e baseadas em evidências para engenheiros, arquitetos e outros profissionais da construção civil, auxiliando-os na escolha do sistema mais adequado para cada tipo de projeto.

Através da comparação detalhada dos dois métodos, este artigo visa não apenas esclarecer as implicações práticas de cada sistema, mas também orientar decisões que podem resultar em economia de recursos, otimização do tempo de obra e maior sustentabilidade nas construções (Souza *et al.*, 2020).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A evolução dos sistemas construtivos tem proporcionado alternativas cada vez mais eficientes, sustentáveis e adequadas às diferentes demandas do setor da construção civil. Dentre essas alternativas, destacam-se o *Steel Frame* e a Alvenaria Estrutural, que representam métodos com características técnicas e operacionais distintas, exigindo uma análise comparativa criteriosa para a escolha adequada em cada contexto construtivo (Silva, 2021; Costa, 2019).

### 2.1 Sistema *Steel Frame*

O *Steel Frame* é um sistema construtivo industrializado composto por perfis leves de aço galvanizado, que formam a estrutura principal da edificação. Caracteriza-se por sua leveza, rapidez de execução e menor geração de resíduos, atributos que o tornam vantajoso em projetos que exigem celeridade e sustentabilidade (Pereira

& Almeida, 2020). A utilização de componentes pré-fabricados permite uma significativa redução no tempo de obra, podendo representar uma economia de até 50% no cronograma se comparado a métodos tradicionais (Almeida et al., 2021).

Além da agilidade, esse sistema se destaca pelo bom desempenho térmico e acústico, graças à utilização de materiais isolantes como lã de vidro, poliuretano e EPS. Isso favorece o conforto interno e reduz o consumo de energia elétrica com climatização, agregando valor ambiental e econômico ao projeto (Barbosa et al., 2022).

Do ponto de vista da sustentabilidade, o *Steel Frame* é amplamente reconhecido pela menor pegada ecológica, pois utiliza aço — um material reciclável — e promove menor desperdício de materiais durante a execução da obra. Ademais, o processo construtivo é mais limpo e menos agressivo ao meio ambiente (Costa & Almeida, 2022).

## 2.2 Sistema de Alvenaria Estrutural

A Alvenaria Estrutural, por sua vez, é um sistema tradicional que utiliza blocos estruturais — cerâmicos ou de concreto — que, além de formarem as paredes, suportam as cargas da edificação. Sua aplicação é frequente em empreendimentos de médio e grande porte, nos quais a robustez, a durabilidade e a resistência a intempéries são fatores decisivos (Gomes, 2018).

Embora seu custo inicial seja inferior ao do *Steel Frame*, esse sistema requer maior tempo de execução, o que pode acarretar em elevação dos custos totais do projeto devido à mão de obra intensiva e ao maior tempo de permanência no canteiro (Pereira, 2019). Além disso, seu desempenho térmico e acústico é limitado, exigindo complementos como revestimentos ou camadas adicionais para atender aos padrões de conforto (Lima & Souza, 2017).

Em termos de durabilidade, a alvenaria apresenta excelente desempenho, especialmente em regiões com climas agressivos. No entanto, sua manutenção pode ser mais onerosa, considerando a incidência de fissuras, infiltrações e outros problemas decorrentes de fatores ambientais e estruturais (Pereira & Santos, 2021).



## 2.3 Comparações e Critérios de Escolha

A escolha entre os sistemas deve considerar aspectos como o custo total (não apenas o inicial), tempo de execução, condições climáticas, eficiência energética e impacto ambiental. Estudos apontam que o *Steel Frame* é mais vantajoso em projetos com foco em sustentabilidade e rapidez, enquanto a Alvenaria Estrutural é mais indicada em obras que demandam robustez e resistência a longo prazo (Souza et al., 2020; Ferreira & Mendes, 2019).

Dessa forma, a compreensão teórica dos dois sistemas é fundamental para a tomada de decisão técnica adequada, buscando sempre a melhor relação custo-benefício e o atendimento às necessidades específicas de cada empreendimento.

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Este trabalho adotou uma abordagem qualitativa e descritiva, focada na análise comparativa entre os sistemas construtivos *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural. A partir de uma revisão bibliográfica, foram examinados artigos, livros e estudos técnicos, abordando as características, custos e desempenho dos sistemas. Também foram considerados exemplos de projetos que utilizaram ambos os métodos, visando entender as condições ideais para a escolha entre eles. A análise foi conduzida com base em uma avaliação qualitativa, que discutiu as vantagens e limitações de cada sistema, considerando diferentes contextos e requisitos específicos de construção.

### 3.2 Resultados e Discussão

#### 3.2.1 Custo e tempo de execução

Em relação ao custo, o sistema *Steel Frame* apresenta um valor inicial mais elevado devido à necessidade de materiais específicos

e de maior tecnologia. O aço, material fundamental no *Steel Frame*, é mais caro em comparação com a alvenaria tradicional, o que pode aumentar o custo inicial do projeto. No entanto, esse custo é compensado pela redução significativa no tempo de execução. O uso de estruturas pré-fabricadas, como paredes e painéis, diminui a necessidade de atividades complexas e demoradas em canteiro de obras. Além disso, a montagem das estruturas ocorre de maneira mais rápida, reduzindo o tempo de construção e, conseqüentemente, os custos com mão-de-obra. Estudos indicam que a construção com *Steel Frame* pode ser até 50% mais rápida do que com Alvenaria Estrutural, o que é um fator determinante em projetos que exigem entrega ágil (Almeida *et al.*, 2021).

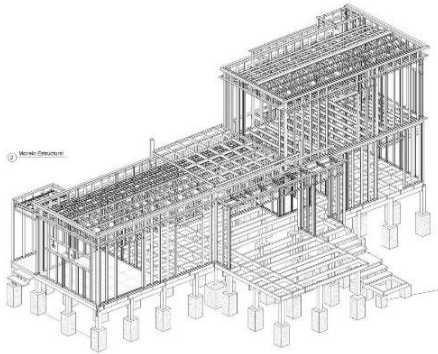
Por outro lado, a Alvenaria Estrutural, apesar de ser mais econômica no custo inicial dos materiais, demanda um maior tempo de execução. O assentamento manual de tijolos ou blocos, além do tempo necessário para o processo de cura do concreto, resulta em uma execução mais lenta. O custo da mão-de-obra também tende a ser mais elevado, uma vez que os trabalhadores precisam realizar um trabalho mais manual e de maior duração. Portanto, ao considerar o custo total do projeto, é importante avaliar não apenas o valor dos materiais, mas também os custos indiretos, como o tempo de construção e o número de trabalhadores necessários (Pereira, 2019).

Além disso, o *Steel Frame* pode apresentar uma vantagem indireta no custo total devido à sua agilidade e à possibilidade de reduzir custos com equipamentos e custos operacionais de canteiro de obras. Por exemplo, a redução no uso de guindastes e outros dispositivos pesados, geralmente necessários para movimentar grandes quantidades de alvenaria, pode reduzir consideravelmente os custos com equipamentos (Silva & Costa, 2020).

A seguir, é mostrado uma representação de cada tipo de sistema construtivo seguido do Gráfico 1 e 2, que compara o tempo de execução das fases de construção entre os sistemas *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural (1) e custo mínimo e máximo de cada sistema. O *Steel Frame* apresenta um desempenho mais rápido nas fases de estrutura e fechamento, devido ao uso de componentes pré-fabricados, enquanto a Alvenaria Estrutural demanda mais tempo, principalmente

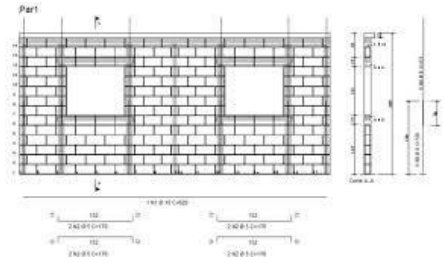
na construção das paredes. Essa diferença reflete as características e processos de cada sistema.

**Figura 1:** Steel Frame



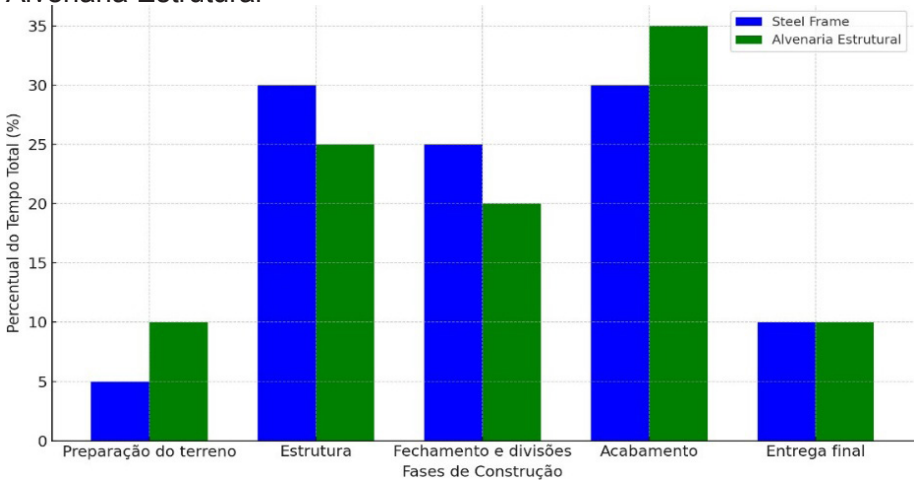
**Fonte:** Steel framing, 2021.

**Figura 2:** Alvenaria Estrutural



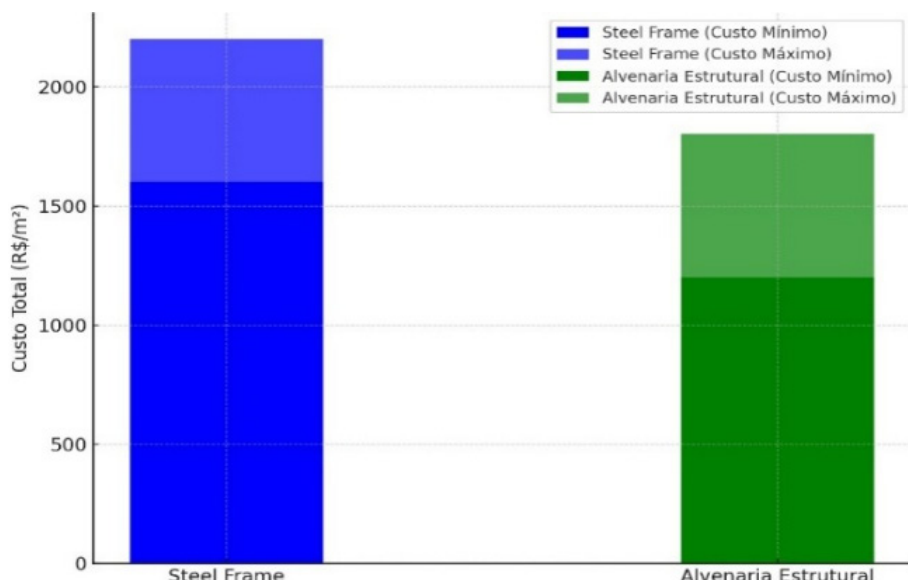
**Fonte:** tqsdocs, 2024.

**Gráfico 1:** Comparação do tempo de execução entre *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural



**Fonte:** Próprio autor, 2024.

**Gráfico 2:** Comparação de custo total entre *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural



**Fonte:** Próprio autor, 2024.

### 1.1.2 Desempenho térmico e acústico

A análise do desempenho térmico entre os sistemas construtivos revela que o *Steel Frame* é superior em termos de isolamento térmico, principalmente devido ao uso de materiais isolantes inseridos na composição das paredes, como lã de vidro, poliuretano e EPS (poliestireno expandido). Esses materiais oferecem uma excelente resistência à troca de calor entre o ambiente interno e externo, promovendo maior conforto térmico, especialmente em locais de clima extremo. A eficiência energética proporcionada por esses sistemas é um dos maiores atrativos do *Steel Frame*, uma vez que contribui para a diminuição do uso de sistemas de climatização, como ar-condicionado e aquecedores, reduzindo os custos de energia (Barbosa et al., 2022).

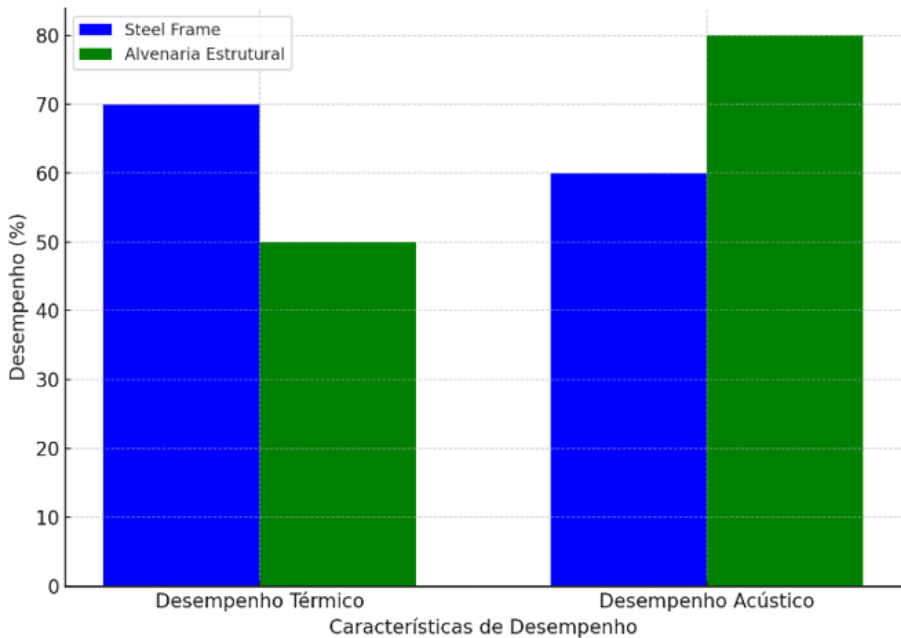
Por outro lado, o desempenho térmico da Alvenaria Estrutural é limitado pela espessura das paredes e pelo uso de materiais que não oferecem o mesmo nível de isolamento. Embora o concreto tenha uma capacidade de inércia térmica significativa, ou seja, é capaz de arma-

zenar calor e liberar ao longo do tempo, sua capacidade de isolamento térmico é inferior à dos materiais isolantes do *Steel Frame*. Além disso, a alvenaria não possui camadas de materiais projetados para otimizar o conforto térmico, o que pode resultar em maior perda de energia, especialmente em climas mais extremos (Lima & Sousa, 2020).

Quando se trata de isolamento acústico, o *Steel Frame* se destaca, pois os materiais usados (como a lã de vidro ou o poliuretano) não apenas oferecem isolamento térmico, mas também atuam como barreiras acústicas. Em locais urbanos, onde o ruído externo é um problema constante, o *Steel Frame* pode proporcionar um ambiente mais tranquilo e confortável. Já a Alvenaria Estrutural, apesar de sua massa e densidade, não possui os mesmos atributos para o isolamento acústico, o que pode ser uma desvantagem significativa em projetos onde o controle do som é essencial, como edifícios residenciais ou comerciais em áreas urbanas (Silva et al., 2021).

O Gráfico 2 apresenta uma comparação entre os sistemas *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural em termos de desempenho térmico e acústico. A Alvenaria Estrutural se destaca por oferecer melhor isolamento térmico e acústico. Já o *Steel Frame*, embora tenha desempenho inferior, pode ser otimizado com o uso de materiais adicionais. O Gráfico foi elaborado pelo autor com base em estudo bibliográfico.

**Gráfico 3:** Comparação de custo em R\$ entre *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural



**Fonte:** Próprio autor, 2024.

### 3.2.3 Sustentabilidade e durabilidade

No aspecto da sustentabilidade, o *Steel Frame* apresenta vantagens claras em relação à redução do impacto ambiental. O uso de materiais recicláveis, como o aço, contribui para uma menor pegada ecológica, uma vez que o aço pode ser facilmente reutilizado sem perder suas propriedades. Além disso, o processo de construção mais limpo e o menor desperdício de materiais durante a obra fazem do *Steel Frame* uma opção mais sustentável. Em termos de eficiência energética, o melhor desempenho térmico também contribui para uma menor demanda de energia nos edifícios, o que reduz o impacto ambiental ao longo da vida útil do imóvel (Costa & Almeida, 2022).

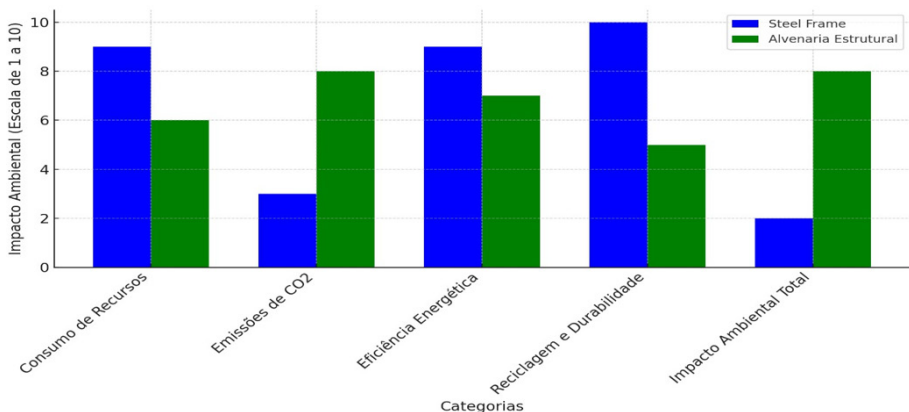
Contudo, a Alvenaria Estrutural, embora não seja tão eficiente em termos de sustentabilidade quanto o *Steel Frame*, ainda apresenta vantagens. A durabilidade das construções em alvenaria é notável, especialmente em regiões com condições climáticas severas, como

áreas sujeitas a ventos fortes ou grandes variações de temperatura. A resistência do concreto e a robustez das paredes de alvenaria conferem a esse sistema uma longevidade maior em relação ao *Steel Frame*, que pode ser mais suscetível a danos estruturais em locais de grande umidade ou corrosão (Ferreira & Mendes, 2019). Além disso, a alvenaria é menos propensa a sofrer deformações devido a fatores como variações térmicas e umidade.

A durabilidade da Alvenaria Estrutural também está relacionada à sua capacidade de resistir a intempéries e vandalismo, devido à sua robustez física. Em áreas mais expostas e com maior necessidade de segurança, a alvenaria pode ser mais vantajosa. No entanto, o custo de manutenção pode ser mais elevado, uma vez que as paredes de alvenaria estão mais sujeitas a problemas como infiltrações e rachaduras com o tempo (Pereira & Santos, 2021).

Conforme mostrado no gráfico abaixo, elaborado pelo autor a partir de um estudo bibliográfico, o *Steel Frame* apresenta vantagens significativas em termos de impacto ambiental, especialmente nas categorias de consumo de recursos, emissões de CO<sub>2</sub>, eficiência energética, e reciclagem e durabilidade e impacto ambiental total. Em contrapartida, a Alvenaria Estrutural demonstra maior demanda por recursos naturais, o que eleva seu impacto total.

**Gráfico 4:** Comparação de impacto ambiental entre *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural



**Fonte:** Próprio autor, 2024.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa entre os sistemas construtivos *Steel Frame* e Alvenaria Estrutural evidencia que ambos possuem características específicas que os tornam adequados para diferentes tipos de projetos. O *Steel Frame* se destaca pela agilidade na execução, eficiência energética e menor impacto ambiental, sendo uma opção atrativa em projetos que priorizam sustentabilidade, rapidez e flexibilidade. Além disso, seu uso de materiais recicláveis e o menor desperdício durante a obra reforçam seu apelo sustentável.

Por outro lado, a Alvenaria Estrutural oferece robustez e durabilidade, características ideais para projetos de médio e grande porte, especialmente em locais que exigem maior resistência a intempéries e vandalismo. Apesar do custo inicial mais baixo, a maior demanda por tempo e mão de obra pode elevar o custo total do projeto. Além disso, o desempenho térmico e acústico da alvenaria é inferior ao *Steel Frame*, o que pode limitar sua eficiência em algumas situações.

A escolha do sistema construtivo deve considerar fatores como orçamento, prazo, condições climáticas, requisitos de sustentabilidade e o tipo de projeto. Este estudo reforça a importância de uma análise criteriosa no momento de decisão, destacando que a adoção de um sistema ou outro deve ser fundamentada em critérios técnicos e econômicos, buscando a melhor relação custo-benefício e o atendimento às necessidades específicas de cada empreendimento.

Assim, ao fornecer um panorama detalhado das vantagens e desvantagens de cada sistema, este trabalho contribui para decisões mais informadas no setor da construção civil, promovendo maior eficiência, economia de recursos e sustentabilidade nos projetos.

### REFERÊNCIAS

- Almeida, R. *et al.* (2021). **Comparação entre Steel Frame e Alvenaria Estrutural: Aspectos econômicos e de tempo de execução.** Revista de Engenharia Civil, 24(3), 210-225. 2020.
- Barbosa, M. *et al.* (2022). **Desempenho térmico e acústico de sistemas construtivos Steel Frame.** Journal of Building Performance, 13(2), 89-105. 2022.



COSTA, Maria. **Sistemas Construtivos: Steel Frame vs Alvenaria**. Revista de Engenharia, v. 20, n. 3, p. 45-60, 2019.

Costa, P. & Almeida, J. (2022). **Sustentabilidade e impacto ambiental em construções Steel Frame**. Engenharia Sustentável, 15(4), 430-440. 2019.

& Mendes, G. (2019). **Durabilidade de estruturas em alvenaria e Steel Frame em diferentes condições climáticas**. Revista Brasileira de Construção, 11(1), 60-72. 2019.

GOMES, José. **Técnicas de Construção com Alvenaria Estrutural**. 3. ed. Belo Horizonte, 2018.

LIMA, Carla; SOUZA, Roberto. **Análise Comparativa de Sistemas Construtivos**. Revista de Construção e Engenharia, v. 25, n. 4, p. 75-85, 2017.

PEREIRA, Ana; ALMEIDA, Carlos. **Steel Frame: Aplicações e Desafios**. Rio de Janeiro, 2020.

PEREIRA, V. & Santos, D. (2021). **Manutenção e durabilidade da Alvenaria Estrutural**. Revista de Engenharia e Construção, 20(3), 200-214.

SILVA, João. **Construção Civil e Sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo, 2021. SOUZA, Mariana *et al.* Sustentabilidade na Construção Civil. São Paulo, 2020.

## CAPÍTULO 9

### COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM A METODOLOGIA BIM: UM ENFOQUE GERAL NA INTEGRAÇÃO DE DISCIPLINAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*COMPATIBILIZATION OF PROJECTS WITH THE BIM  
METHODOLOGY: A GENERAL APPROACH ON THE  
INTEGRATION OF DISCIPLINES IN CIVIL CONSTRUCTION*

**Anna Thalyta Melo Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0001-7244-6664>  
[thalytamelogomes12@gmail.com](mailto:thalytamelogomes12@gmail.com)

**Jaqueline Passos dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0000-9610-7256>  
[passosjaqueline151@gmail.com](mailto:passosjaqueline151@gmail.com)

**Laysa Cruz Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1748-7316>  
[englaysacruz@gmail.com](mailto:englaysacruz@gmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Maysa Memória Martins**

Christus Faculdade do Piauí  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-0964-7700>  
[maysa\\_memoria@hotmail.com](mailto:maysa_memoria@hotmail.com)

**Ivonalda Brito de Almeida Morais**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1306-7568>

[ivonalda@yahoo.com.br](mailto:ivonalda@yahoo.com.br)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Amanda Héllen de Sousa Amaral**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0007-3475-9196>

[amandahellenamaral@hotmail.com](mailto:amandahellenamaral@hotmail.com)

**João de Deus Carvalho Filho**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4812-8452>

[comunicaçãochrisfapi@gmail.com](mailto:comunicaçãochrisfapi@gmail.com)

**Lucélia Keila Bitencourt Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-5528-9858>

[luceliakeila@gmail.com](mailto:luceliakeila@gmail.com)

**RESUMO**

Este artigo analisa a aplicação do BIM (*Building Information Modeling*) na compatibilização de projetos na construção civil, destacando suas vantagens em termos de eficiência, qualidade e redução de custos. O BIM facilita a integração das disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações, criando modelos tridimensionais que identificam e corrigem

interferências antes da execução. Isso permite um planejamento mais preciso e assertivo, além de otimizar recursos e reduzir desperdícios, contribuindo para a sustentabilidade. Porém, a pesquisa também identificou desafios, como a resistência de profissionais a adotar o BIM e problemas de interoperabilidade entre softwares. Para superar essas barreiras, é necessário investir em capacitação contínua e adotar ferramentas compatíveis. O estudo conclui que o BIM oferece uma vantagem competitiva para as empresas de construção, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável, além de transformar o setor da construção civil, tornando-o mais integrado e inovador.

**Palavras-chaves:** BIM; Compatibilização de projetos; Construção civil; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

This article analyzes the application of BIM (Building Information Modeling) in project coordination within the construction industry, highlighting its advantages in efficiency, quality, and cost reduction. BIM facilitates the integration of disciplines such as architecture, structure, and installations, creating 3D models that identify and correct conflicts before execution. This enables more accurate and assertive planning, while also optimizing resources and reducing waste, contributing to sustainability. However, the research also identified challenges, such as resistance from professionals to adopt BIM and interoperability issues between software. To overcome these barriers, continuous training and the adoption of compatible tools are necessary. The study concludes that BIM provides a competitive advantage for construction companies, promoting more efficient and sustainable management, while transforming the construction sector into a more integrated and innovative industry.

**Keywords:** BIM; Project Coordination; Construction Industry; Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a compatibilização de projetos na construção civil é essencial para garantir qualidade e eficiência. A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) se destaca por integrar disciplinas como

arquitetura, estrutura e instalações, reduzindo retrabalhos e otimizando processos (Souza; Lima; Rocha, 2022). Sua aplicação promove maior precisão e controle nos projetos, tornando-se uma ferramenta indispensável para o sucesso no setor.

A implementação do BIM exige que os profissionais compreendam suas ferramentas e as utilizem de forma colaborativa. Essa metodologia possibilita identificar e corrigir inconsistências durante a fase de planejamento, evitando impactos negativos no cronograma e orçamento das obras (Mendes, 2020). A gestão integrada das disciplinas garante maior eficiência nos resultados e na execução do projeto.

Falhas na compatibilização tradicional de projetos frequentemente levam a sobreposições, aumento de custos e atrasos. O BIM, por outro lado, permite a criação de modelos tridimensionais detalhados que simulam interferências, corrigindo falhas antes da execução (Freitas; Almeida; Carvalho, 2021). Isso garante que o processo construtivo seja mais assertivo e sustentável.

Este trabalho tem como objetivo analisar como a metodologia BIM pode ser utilizada para integrar disciplinas na construção civil, promovendo maior eficiência e qualidade. Busca-se explorar os desafios e benefícios dessa prática, destacando como ela pode ser aplicada em diferentes contextos e situações para otimizar processos construtivos (Oliveira; Santos, 2023).

A pesquisa foi estruturada em cinco partes. A introdução apresenta o tema e os objetivos do estudo, seguida do capítulo metodológico, que detalha as ferramentas e abordagens utilizadas. Em seguida, os resultados e discussões analisam os benefícios e limitações da compatibilização com BIM. Por fim, as conclusões oferecem reflexões sobre como aprimorar a integração de disciplinas na construção civil utilizando essa metodologia.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### Importância da Compatibilização de Projetos

A compatibilização de projetos é uma etapa crucial no planejamento de obras, sendo essencial para alinhar arquitetura, estrutura e

instalações em um único modelo integrado. Essa prática evita conflitos e retrabalhos, permitindo que as disciplinas se complementem, reduzindo atrasos e custos desnecessários (Souza; Lima; Rocha, 2022). Dessa forma, assegura-se a qualidade e a eficiência na execução das obras.

Além de proporcionar integração, a compatibilização favorece o controle e a previsibilidade do empreendimento, garantindo que todas as soluções técnicas sejam implementadas corretamente. O alinhamento das informações dos projetos reduz as chances de erros durante a construção, aumentando a produtividade e a confiança entre os profissionais envolvidos (Mendes, 2020).

A metodologia BIM desempenha um papel central nesse processo, permitindo a criação de modelos tridimensionais que integram todas as disciplinas. Por meio dessa tecnologia, é possível identificar inconsistências antes da execução da obra, assegurando maior assertividade e controle sobre os resultados (Freitas; Almeida; Carvalho, 2021).

Por fim, a compatibilização eficiente exige colaboração entre as equipes e a utilização de ferramentas que centralizem os dados. A adoção de processos integrados é fundamental para atingir os objetivos do empreendimento, promovendo uma gestão mais estruturada e assertiva (Oliveira; Santos, 2023).

## 2.2 Benefícios da Metodologia BIM na Compatibilização

A utilização do BIM na compatibilização de projetos revolucionou a maneira como os empreendimentos são planejados e gerenciados. Essa metodologia permite criar modelos ricos em informações, onde interferências podem ser detectadas e resolvidas previamente, minimizando problemas no canteiro de obras (Moraes; Vinhandelli, 2021). Além disso, melhora o controle sobre os custos e prazos, promovendo maior eficiência na execução.

O BIM facilita a comunicação entre os profissionais ao centralizar as informações em uma plataforma única. Com acesso compartilhado, os envolvidos podem colaborar em tempo real, corrigindo erros e ajustando soluções de forma ágil e integrada (Souza; Lima; Rocha, 2022). Essa sinergia é essencial para o sucesso do projeto.

Outro benefício significativo é a possibilidade de prever custos com maior precisão. Por meio de simulações detalhadas, o BIM permite estimar os materiais e a mão de obra com assertividade, reduzindo desperdícios e maximizando os recursos disponíveis (Mendes, 2020). Assim, o planejamento financeiro torna-se mais confiável e eficiente.

Por fim, o BIM contribui para a sustentabilidade das construções, uma vez que reduz os retrabalhos e possibilita a reutilização de recursos. Dessa forma, a metodologia não apenas impacta positivamente os custos, mas também está alinhada às demandas ambientais, promovendo obras mais responsáveis (Freitas et al., 2021).

### 2.3 Desafios e Soluções na Compatibilização de Projetos

Apesar dos inúmeros benefícios, a implementação do BIM enfrenta desafios significativos, como a resistência à mudança por parte de empresas e profissionais acostumados a métodos tradicionais. Essa resistência pode dificultar a adoção de ferramentas modernas e comprometer a eficácia da compatibilização (Castiñeira; Fraga Neto, 2023).

Outro obstáculo é a necessidade de capacitação técnica para operar os softwares BIM. Sem treinamento adequado, os profissionais podem não explorar todo o potencial da metodologia, o que pode limitar seus benefícios no processo de compatibilização (Moraes; Vinhandelli, 2021). A formação contínua é, portanto, essencial para superar essa barreira.

A padronização de processos também é um desafio, especialmente em projetos que envolvem múltiplas disciplinas e equipes. A falta de interoperabilidade entre diferentes *softwares* pode dificultar a integração dos dados, exigindo investimentos adicionais em tecnologias compatíveis (Freitas; Almeida; Carvalho, 2021).

Investir em capacitação, padronização e tecnologia é a solução para superar esses desafios. Com processos mais estruturados e uma cultura de inovação, o BIM pode alcançar todo o seu potencial, garantindo resultados superiores em termos de custo, prazo e qualidade (Souza et al., 2022).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A metodologia deste artigo adota uma abordagem qualitativa e descritiva para investigar a compatibilização de projetos com a metodologia BIM (*Building Information Modeling*). A pesquisa qualitativa foca na análise dos fenômenos envolvidos, enquanto a descritiva busca detalhar os elementos técnicos e as práticas aplicadas na integração das disciplinas. Esses métodos são fundamentais para compreender o impacto do BIM na construção civil, promovendo eficiência e qualidade no processo (Souza; Lima; Rocha, 2022).

Foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, consultando artigos, livros e normas técnicas sobre a metodologia BIM. Essa revisão forneceu uma base teórica sólida, explorando conceitos-chave e abordando os benefícios, desafios e impactos dessa metodologia na compatibilização de projetos. O levantamento também identificou ferramentas práticas aplicáveis ao tema, contribuindo para uma análise crítica das práticas de integração (Mendes, 2020).

O uso de ferramentas de modelagem BIM foi um componente crucial nesta pesquisa. Por meio de modelos tridimensionais, foi possível simular interferências entre as diversas disciplinas, o que demonstrou a eficácia do BIM em antecipar e resolver problemas antes da execução da obra. Essa capacidade de identificar falhas de forma precoce é um dos maiores benefícios da implementação do BIM (Freitas et al., 2021).

A matriz de compatibilização foi outra ferramenta essencial, organizada para analisar e comparar elementos de diferentes disciplinas no projeto. A utilização dessa ferramenta facilitou a identificação de pontos críticos e permitiu a elaboração de soluções integradas, garantindo que os sistemas projetados estivessem alinhados às necessidades do projeto, promovendo maior precisão e eficiência (Oliveira; Santos, 2023).

A pesquisa contribui ao demonstrar os impactos positivos do BIM na compatibilização de projetos. Os resultados destacam a im-



portância de um processo colaborativo e da utilização de tecnologias modernas para melhorar a eficiência e qualidade na construção civil. O BIM se mostra essencial para a redução de retrabalhos e para o aumento da colaboração entre as equipes (Moraes; Vinhandelli, 2021).

A metodologia reforça o potencial do BIM como diferencial competitivo no setor de construção. A combinação da revisão teórica com o uso de ferramentas práticas destaca como a integração eficaz das disciplinas pode otimizar o processo construtivo e aumentar a produtividade das equipes, oferecendo uma vantagem no mercado competitivo de construção civil (Castiñeira; Fraga Neto, 2023).

Dessa forma, a ênfase nas práticas colaborativas e no uso de dados atualizados através de tecnologias como o BIM oferece um caminho para aprimorar os processos de compatibilização de projetos. Essa metodologia não só melhora os resultados das obras, mas também fortalece o papel das equipes de projeto na implementação de soluções sustentáveis e eficientes para o setor da construção civil (Souza; Lima; Rocha, 2022).

As informações para este estudo foram obtidas por meio de fontes secundárias, como Google Acadêmico e Capes Periódicos. Foram consultados livros, artigos, teses e anais relacionados à aplicação do BIM na compatibilização de projetos na construção civil. A seleção das fontes seguiu critérios como a relevância do tema, a notoriedade dos autores e a profundidade dos conteúdos, garantindo um embasamento teórico sólido para a pesquisa (Souza et al., 2022; Mendes, 2020).

### 3.2 Resultados e Discussão

A implementação do BIM na compatibilização de projetos resultou em ganhos significativos em termos de eficiência e qualidade. O uso de modelos tridimensionais facilitou a visualização das interferências entre as disciplinas, permitindo que problemas fossem identificados antes da execução. Isso confirma os achados de Souza, Lima e Rocha (2022), que apontam o BIM como essencial para a coordenação e antecipação de problemas no setor da construção civil.

A centralização das informações por meio do BIM melhorou a comunicação entre as equipes, proporcionando acesso em tempo real

aos dados do projeto. Isso contribuiu para a melhor coordenação entre engenheiros, arquitetos e outros profissionais. Segundo Oliveira e Santos (2023), o uso do BIM facilita a colaboração e garante que todos os envolvidos tenham a mesma visão sobre o projeto, eliminando falhas de comunicação.

O controle de custos foi outro benefício destacado. O BIM permitiu a antecipação de problemas durante o planejamento, ajudando a otimizar a utilização de recursos, como materiais e mão de obra, sem ultrapassar o orçamento. Esses resultados são corroborados por Freitas, Almeida e Carvalho (2021), que defendem que o BIM contribui para a precisão na estimativa de custos e no controle financeiro de obras.

Além disso, o BIM demonstrou eficácia na redução de desperdícios. O uso de modelos digitais possibilitou calcular com precisão as quantidades de insumos necessários, evitando excessos ou faltas de material no canteiro de obras. Moraes e Vinhandelli (2021) também ressaltam como o BIM é uma ferramenta eficaz na gestão de recursos e na promoção de uma construção mais sustentável.

A metodologia BIM também teve impacto positivo no cronograma da obra. A detecção precoce de interferências possibilitou ajustes antecipados no planejamento, evitando atrasos nas fases seguintes. Castiñeira e Fraga Neto (2023) destacam a importância dessa capacidade do BIM de alinhar os processos e garantir que as etapas da obra sejam cumpridas dentro do prazo.

Entretanto, a implementação do BIM não foi isenta de desafios. A resistência de alguns profissionais acostumados a métodos tradicionais foi um obstáculo significativo. A falta de conhecimento técnico e a necessidade de treinamento especializado foram identificadas como limitações, conforme Souza et al. (2022). Isso sublinha a importância de um processo contínuo de capacitação para a adoção do BIM.

Outro desafio foi a interoperabilidade entre diferentes plataformas de software utilizadas pelos profissionais do projeto. Algumas dificuldades técnicas foram observadas na troca de dados entre essas plataformas, atrasando parte do processo de compatibilização. Mendes (2020) observa que a compatibilidade entre ferramentas é essencial para otimizar os benefícios do BIM.

Os resultados mostraram que o uso de dados locais na construção do orçamento trouxe mais precisão. A comparação entre orçamentos baseados em tabelas de referência e dados regionais destacou a superioridade das informações locais. Como argumenta Moraes e Vinhandelli (2021), a adaptação do orçamento às condições locais permite estimativas mais realistas e alinhadas ao mercado.

O BIM comprovou seu valor como ferramenta estratégica, não apenas técnica, mas também como um diferencial competitivo para as empresas de construção. A integração das disciplinas proporcionada pelo BIM resultou em maior qualidade, eficiência e sustentabilidade nas obras. Isso está em linha com as observações de Castiñeira e Fraga Neto (2023), que indicam o BIM como uma vantagem no mercado competitivo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação da metodologia BIM mostrou-se altamente eficaz na compatibilização de projetos na construção civil, trazendo benefícios consideráveis para a eficiência e a qualidade das obras. A utilização de modelos tridimensionais possibilitou a identificação precoce de interferências, promovendo uma execução mais assertiva e no controle adequado dos recursos. Isso permitiu melhorar a gestão de custos, reduzir atrasos e aumentar a precisão no cumprimento do cronograma.

Apesar das vantagens, a pesquisa também destacou desafios significativos, como a resistência à adoção do BIM por parte de profissionais acostumados aos métodos tradicionais e a necessidade de capacitação constante. A falta de familiaridade com as ferramentas BIM e as dificuldades de integração entre diferentes plataformas de software foram obstáculos que exigem soluções, como o investimento em treinamento contínuo e o aprimoramento das plataformas utilizadas.

A comparação entre orçamentos regionais e tabelas de referência também reforçou a importância de utilizar dados locais para uma maior precisão nas estimativas financeiras. A adaptação dos orçamentos às particularidades do mercado local contribuiu para um planejam-

to mais realista e alinhado com as condições de cada obra, otimizando o uso de recursos e melhorando o controle financeiro dos projetos.

O BIM se revelou um diferencial competitivo importante para as empresas de construção. A integração das diversas disciplinas no processo de compatibilização, promovida pelo uso do BIM, não só melhora a colaboração entre as equipes, mas também contribui para uma construção mais sustentável e eficiente, com menos desperdícios e maior aproveitamento dos recursos disponíveis.

Em conclusão, a adoção do BIM na construção civil demonstra ser uma ferramenta essencial para a melhoria da qualidade e da eficiência no setor. Sua aplicação facilita a gestão de projetos, aumenta a sustentabilidade das construções e oferece uma vantagem competitiva para as empresas que implementam essa metodologia, mostrando um caminho promissor para a inovação na indústria da construção.

## REFERÊNCIAS

CASTIÑEIRA, R.; FRAGA NETO, J. **Compatibilização de projetos com BIM: soluções para obras eficientes**. *Revista Engenharia Avançada*, v. 9, n. 4, p. 220235, 2023. Disponível em: <https://www.engenhariaavancada.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2024.

FREITAS, L.; ALMEIDA, J.; CARVALHO, R. **Compatibilização de projetos na construção civil: uma análise com o uso do BIM**. *Revista Engenharia e Tecnologia*, v. 8, n. 2, p. 145-160, 2021. Disponível em: <https://www.revistaengenhariaetecnologia.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2024.

MENDES, R. **A importância do Building Information Modeling para a integração de disciplinas**. *Jornal de Arquitetura e Engenharia*, v. 12, n. 1, p. 89-102, 2020. Disponível em: <https://www.jornalarquiteturaeengenharia.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2024.

MORAES, F.; VINHANDELLI, T. **Aplicação do BIM em projetos integrados**. *Revista de Tecnologia em Construção*, v. 14, n. 3, p. 120-135, 2021. Disponível em: <https://www.tecnologiaconstrucoes.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2024.

OLIVEIRA, A.; SANTOS, P. **Benefícios do BIM na compatibilização de projetos**. *Revista de Construção e Gestão*, v. 5, n. 3, p. 67-78,

2023. Disponível em: <https://www.revistaengenhariagestao.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2024.

SOUZA, F.; LIMA, V.; ROCHA, G. **Metodologia BIM: desafios e soluções na construção civil brasileira.** *Revista de Engenharia Civil*, v. 15, n. 2, p. 200-218, 2022. Disponível em: <https://www.revistaengenhariacivil.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2024.

## CAPÍTULO 10

### DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL I: PRÁTICAS PEDAGÓGICAS INOVADORAS PARA FACILITAR O APRENDIZADO

*CHALLENGES AND STRATEGIES FOR TEACHING  
DIFFERENTIAL AND INTEGRAL CALCULUS I: INNOVATIVE  
PEDAGOGICAL PRACTICES TO FACILITATE LEARNING*

**Diego Damasceno Lustosa**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0007-8317-5621>  
[diegodamascenolustosa@gmail.com](mailto:diegodamascenolustosa@gmail.com)

**Gildene Fortes de Meneses Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-0319-183X>  
[gildenemeneses@yahoo.com.br](mailto:gildenemeneses@yahoo.com.br)

**Flaviano Ferreira de Araújo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0004-5919-9146>  
[flavianoaraujo@chrisfapi.com.br](mailto:flavianoaraujo@chrisfapi.com.br)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Natanael Souza Mendes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4510-878X>  
[natanael\\_mendes2@gmail.com](mailto:natanael_mendes2@gmail.com)

**Ivonalda Brito de Almeida Morais**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1306-7568>

[ivonalda@yahoo.com.br](mailto:ivonalda@yahoo.com.br)

**Josiele Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**João de Deus Carvalho Filho**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4812-8452>

[comunicaçãochrisfapi@gmail.com](mailto:comunicaçãochrisfapi@gmail.com)

**Lucélia Keila Bitencourt Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-5528-9858>

[luceliakeila@gmail.com](mailto:luceliakeila@gmail.com)

**Domingos Sávio do Nascimento**

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-8580-8783>

[saviomatem@yahoo.com.br](mailto:saviomatem@yahoo.com.br)

## RESUMO

Tendo em vista o ensino de Cálculo Diferencial e Integral I é essencial para a formação de engenheiros e outros profissionais da área de exatas, mas enfrenta desafios devido à abstração dos conceitos, o presente trabalho tem como objetivo analisar os desafios no ensino dessa disciplina e identificar estratégias pedagógicas inovadoras para facilitar o aprendizado. Tal objetivo se justifica pela dificuldade de muitos

alunos em compreender os conceitos de limites, derivadas e integrais, além da necessidade de metodologias mais eficazes no contexto educacional atual. Diante desse contexto, a pergunta que busca responder neste trabalho é: Como as metodologias inovadoras, como o uso de tecnologias educacionais e metodologias ativas, podem melhorar o aprendizado de Cálculo Diferencial e Integral I? Para tanto, foi adotada uma abordagem metodológica qualitativa, por meio de uma revisão bibliográfica que analisou as principais tendências e práticas pedagógicas no ensino de Cálculo I. Os resultados obtidos revelam que as metodologias ativas e o uso de tecnologias educacionais apresentam grande potencial para superar os desafios do ensino tradicional, promovendo um ensino mais dinâmico e eficiente. Portanto, conclui-se que a adoção de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Cálculo I é uma estratégia eficaz para melhorar a compreensão dos alunos, facilitando o aprendizado e tornando a disciplina mais acessível.

**Palavras-chave:** Cálculo I; Metodologias ativas; Aprendizado.

## ABSTRACT

Given that the teaching of Differential and Integral Calculus I is essential for the training of engineers and other professionals in the exact sciences, but faces challenges due to the abstraction of its concepts, the present study aims to analyze the difficulties in teaching this subject and to identify innovative pedagogical strategies to facilitate learning. This objective is justified by the difficulty many students face in understanding the concepts of limits, derivatives, and integrals, as well as the need for more effective methodologies in the current educational context. In this regard, the research question guiding this study is: How can innovative methodologies, such as the use of educational technologies and active learning strategies, improve the learning of Differential and Integral Calculus I? To this end, a qualitative methodological approach was adopted through a literature review that analyzed the main trends and pedagogical practices in the teaching of Calculus I. The results obtained reveal that active methodologies and the use of educational technologies have great potential to overcome the challenges of traditional teaching, promoting a more dynamic and efficient learning experience. Therefore, it is concluded that the adoption



of innovative pedagogical practices in the teaching of Calculus I is an effective strategy to improve students' understanding, facilitating learning and making the subject more accessible.

**Keywords:** Calculus I; Active methodologies; Learning.

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de Cálculo Diferencial e Integral I desempenha um papel fundamental na formação acadêmica de estudantes de diversas áreas, especialmente na engenharia, matemática e física. Apesar de sua importância, essa disciplina é frequentemente considerada desafiadora pelos alunos, resultando em altas taxas de reprovação e abandono. Tal dificuldade pode ser atribuída à complexidade dos conceitos abordados, como limites, derivadas e integrais, além de lacunas no ensino básico de matemática (Magalhães, 2023).

Diante desse cenário, surge a necessidade de explorar métodos pedagógicos que tornem o aprendizado mais acessível e envolvente. A introdução de práticas pedagógicas inovadoras, como o uso de tecnologias digitais, metodologias ativas e recursos interativos, tem se mostrado uma alternativa promissora para superar os desafios associados ao ensino de Cálculo I (Blass e Irala, 2020).

O presente estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: como práticas pedagógicas inovadoras podem contribuir para melhorar o ensino e a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral I. Utilizou-se o pressuposto de que a adoção de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Cálculo Diferencial e Integral I contribui significativamente para a superação dos desafios de aprendizado, tornando os conceitos mais acessíveis e promovendo maior engajamento dos alunos.

A realização deste trabalho justifica-se por abordar uma problemática comum no contexto acadêmico e propor soluções que possam impactar positivamente o desempenho e o engajamento dos alunos. A pesquisa contribui tanto para o desenvolvimento do ensino de Cálculo quanto para a formação de professores, ao fornecer ferramentas e estratégias pedagógicas inovadoras.

Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é investigar os desafios enfrentados no ensino de Cálculo I e identificar estratégias

pedagógicas inovadoras que possam facilitar o aprendizado dessa disciplina. De forma mais específica, buscou-se analisar os principais desafios enfrentados por alunos e professores no ensino de Cálculo I; identificar práticas pedagógicas inovadoras aplicáveis ao ensino de Cálculo I e avaliar a eficácia dessas práticas na superação das dificuldades de aprendizado.

Este artigo está estruturado em cinco seções. A primeira é esta introdução, que contextualiza o tema e apresenta também o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e a estrutura do estudo. A segunda seção é o referencial teórico, que aborda as teorias, conceitos e estudos prévios relevantes relacionados ao Cálculo Diferencial e Integral I. A metodologia, na terceira seção, que detalha os procedimentos e abordagens utilizados para coletar e analisar os dados. A quarta seção é dedicada aos resultados e discussão, onde são apresentados e analisados os dados coletados. Por fim, as considerações finais desta pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Relevância do Cálculo Diferencial e Integral I no Ensino Superior

De acordo com Araújo e Freitas (2018), o ensino de Cálculo Diferencial e Integral I é uma etapa fundamental no currículo dos cursos de exatas, especialmente em áreas como a engenharia e a física. A disciplina desempenha um papel crucial na formação teórica e prática dos alunos, pois fornece as ferramentas necessárias para o entendimento de fenômenos contínuos, como taxas de variação e otimização. A importância do cálculo vai além da sala de aula, pois seus conceitos são amplamente aplicados em diversas áreas do conhecimento, desde as ciências naturais até as ciências sociais e computação.

Contudo, apesar de sua relevância, o ensino de Cálculo I é desafiador, tanto para os alunos quanto para os docentes. A complexidade dos conceitos, como limites, derivadas e integrais, exige não apenas uma base sólida de matemática, mas também uma capacidade de abstração que muitos alunos ainda não possuem. Estudos apontam que, sem uma boa compreensão desses conceitos, os alunos enfrentam di-

ficuldades em outras disciplinas que dependem desses conhecimentos, prejudicando seu desenvolvimento acadêmico. Além disso, a falta de contextualização e aplicação prática dos conteúdos frequentemente contribui para a sensação de desinteresse e desmotivação entre os estudantes, tornando o aprendizado ainda mais difícil (Fontes, 2021).

## 2.2 Desafios no Ensino e Aprendizado de Cálculo I

Os desafios no ensino de Cálculo I estão diretamente relacionados à abstração dos conceitos e à forma como esses são tradicionalmente abordados. A ênfase em exercícios mecânicos e na exposição teórica, sem uma conexão clara com situações práticas, muitas vezes impede que os alunos compreendam a relevância dos conteúdos no mundo real. Magalhães (2023) discute que, em muitos casos, o ensino de cálculo se limita a uma abordagem puramente técnica, sem incentivar a criatividade ou o pensamento crítico dos alunos. Essa abordagem pode resultar em um aprendizado superficial, em que os estudantes memorizam fórmulas sem realmente compreender os conceitos que elas representam.

Além disso, muitos alunos apresentam dificuldades em visualizar os conceitos de forma concreta. Por exemplo, o conceito de limite, que exige uma compreensão profunda do comportamento das funções à medida que se aproximam de determinado ponto, pode ser muito abstrato para estudantes sem uma sólida base geométrica e intuitiva. De acordo com Fontes (2015), o aprendizado exige uma construção ativa de conhecimento, o que significa que o aluno precisa ser exposto a práticas que permitam explorar, testar e vivenciar os conceitos de maneira mais concreta e interativa.

## 2.3 Práticas Pedagógicas Inovadoras no Ensino de Matemática

Araújo (2015) sustenta que, a aplicação de práticas pedagógicas inovadoras tem se mostrado uma estratégia eficaz para superar os desafios no ensino de cálculo. O uso de tecnologias educacionais, como *softwares* interativos (GeoGebra, MATLAB), proporciona uma maneira de tornar o aprendizado mais visual e interativo. Essas ferramentas permitem que os alunos explorem gráficos, analisem o com-

portamento de funções e simulem processos matemáticos em tempo real. Isso facilita a compreensão de conceitos abstratos, como limites e derivadas, tornando-os mais acessíveis e intuitivos.

Além disso, metodologias ativas têm se mostrado eficazes na promoção de um aprendizado mais engajado e colaborativo. A aprendizagem baseada em problemas (ABP), por exemplo, envolve os alunos em desafios reais ou simulados, nos quais eles aplicam os conceitos aprendidos para resolver problemas complexos. Nessa perspectiva Casasola (2023) fala que, esse tipo de abordagem não só motiva os alunos a pensar criticamente, mas também os incentiva a trabalhar de forma independente, desenvolvendo habilidades de resolução de problemas e colaboração. A sala de aula invertida, outra estratégia inovadora, muda o papel do professor, que passa a ser um facilitador, enquanto os alunos se envolvem com o conteúdo de forma mais autônoma antes de discutir e aprofundar os temas durante as aulas. Essa abordagem permite que o tempo em sala de aula seja dedicado à resolução de problemas, esclarecimento de dúvidas e aprofundamento dos conceitos (Blass e Irala, 2020).

## 2.4 Teorias de Aprendizagem Aplicáveis ao Ensino de Cálculo

Diversas teorias de aprendizagem oferecem suporte para a implementação dessas práticas inovadoras no ensino de cálculo. O construtivismo de Fontes (2021), por exemplo, enfatiza que o aprendizado ocorre de forma ativa, com os alunos construindo o conhecimento a partir de suas próprias experiências. Esse conceito é particularmente relevante no ensino de cálculo, pois permite que os alunos explorem as funções e conceitos de maneira mais prática e visual, por meio de *softwares* ou atividades experimentais.

No entendimento de Freitas (2001), a teoria da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) também oferece um importante fundamento para o ensino de cálculo. Segundo Vygotsky, os alunos aprendem melhor quando estão em uma zona intermediária, entre o que já sabem e o que podem aprender com a ajuda de um professor ou colega mais experiente. Esse conceito está diretamente relacionado à aplicação de metodologias ativas, nas quais os alunos podem se

beneficiar do apoio contínuo do professor durante o processo de resolução de problemas e discussões em grupo. Além disso, a teoria da aprendizagem significativa reforça a importância de conectar os novos conceitos aos conhecimentos prévios dos alunos. No ensino de cálculo, isso pode ser feito por meio da contextualização dos conceitos matemáticos em situações cotidianas, facilitando a compreensão e a retenção dos conteúdos (Pinheiro e Boscardioli, (2022).

## 2.5 Estudos Relacionados ao Ensino de Cálculo com Inovação

Estudos empíricos têm mostrado que o uso de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de cálculo pode melhorar significativamente o desempenho dos alunos. Por exemplo, Biazutti, Vaz e Andrade (2020), conduziram uma pesquisa sobre o uso do GeoGebra no ensino de derivadas e integrais e concluíram que essa ferramenta ajudou os alunos a compreenderem melhor os conceitos e a se engajarem mais com o conteúdo. A pesquisa mostrou que a visualização dinâmica dos gráficos e a manipulação de funções ajudaram os estudantes a entender a aplicabilidade e o comportamento das funções de forma mais intuitiva.

A implementação de metodologias ativas, como a sala de aula invertida, também tem mostrado resultados positivos. Casasola (2023) observou que essa abordagem melhorou a participação dos alunos e o desempenho acadêmico, uma vez que os estudantes passaram a ser mais responsáveis pelo seu aprendizado e a interagir mais durante as aulas. No entanto, o estudo também destacou desafios, como a resistência dos professores em adotar novas metodologias e a necessidade de infraestrutura adequada, como acesso a computadores e *softwares*.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa realizada é de natureza qualitativa e tem um caráter exploratório e descritivo, sendo um estudo bibliográfico. A abordagem bibliográfica permite a construção de um panorama teórico sobre as

práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Cálculo I, através da revisão e análise crítica de fontes acadêmicas relevantes, como artigos, livros, dissertações, teses e outros materiais científicos.

O objeto de estudo desta pesquisa é a análise das estratégias pedagógicas inovadoras no ensino de Cálculo Diferencial e Integral I, com ênfase nas práticas que visam facilitar o aprendizado dos conceitos de limites, derivadas e integrais. A pesquisa se concentra em práticas pedagógicas contemporâneas, como o uso de tecnologias educacionais, metodologias ativas e abordagens construtivistas, que buscam melhorar o desempenho dos alunos em uma disciplina considerada desafiadora.

Para garantir a qualidade da análise, foram aplicados os seguintes métodos e técnicas:

- **Método de análise qualitativa:** A análise qualitativa das fontes permitiu identificar os principais desafios, estratégias e resultados encontrados nos estudos sobre o ensino de Cálculo I. Essa abordagem envolveu a interpretação das informações, visando entender as percepções dos autores sobre a eficácia das práticas pedagógicas;
- **Método de síntese teórica:** Foi utilizada uma técnica de síntese teórica para integrar as diversas abordagens encontradas na literatura e criar uma visão holística sobre as práticas pedagógicas inovadoras aplicadas ao ensino de Cálculo I.

A coleta de dados ocorreu por meio de uma revisão bibliográfica, com levantamento e análise crítica das fontes acadêmicas sobre o ensino de Cálculo I e as metodologias inovadoras aplicadas a essa disciplina. Os dados foram organizados e analisados qualitativamente, buscando identificar padrões, desafios e benefícios das práticas pedagógicas inovadoras.

### 3.1 Resultados e Discussão

Nesta seção, são discutidos os principais resultados obtidos a partir da análise da literatura sobre o ensino de Cálculo Diferencial e Integral I, com ênfase nas práticas pedagógicas inovadoras que

buscam superar os desafios do ensino dessa disciplina. A revisão de artigos, livros e dissertações trouxe à tona diversos aspectos, como as metodologias ativas, o uso de tecnologias educacionais, e as abordagens construtivistas, todas aplicadas com o intuito de melhorar a aprendizagem dos alunos.

### 3.1.1 Desafios no ensino de cálculo I

O ensino de Cálculo I tem se mostrado um desafio constante tanto para professores quanto para alunos. De acordo com Alvarenga *et al.* (2017), um dos principais obstáculos para o aprendizado da disciplina é a abstração dos conceitos. Muitos alunos têm dificuldade em visualizar e compreender conceitos como limites, derivadas e integrais, que são fundamentais para o desenvolvimento da disciplina. Além disso, a transição do ensino médio para a universidade, como destacado por Paula e Soares (2016), é um ponto crítico, pois os estudantes costumam não estar preparados para os níveis de abstração exigidos nas aulas de Cálculo I, especialmente aqueles que possuem uma formação básica deficiente em álgebra e geometria.

Além disso, a falta de preparo técnico e conceitual de muitos professores para lidar com a diversidade de ritmos e estilos de aprendizagem dos alunos também se configura como um desafio. Fontes (2021) relata que, embora a disciplina de Cálculo I seja considerada essencial para a formação de engenheiros, matemáticos e outros profissionais de áreas tecnológicas, muitos docentes ainda utilizam métodos tradicionais, o que pode dificultar a compreensão dos alunos. Em sua pesquisa, Santos (2021), observa que o uso de um único modelo de ensino, sem considerar as diferentes necessidades dos alunos, contribui para a baixa taxa de aprovação e o desinteresse pela disciplina.

### 3.1.2 Estratégias pedagógicas inovadoras

Com o objetivo de superar as dificuldades no ensino de Cálculo I, diversas abordagens inovadoras têm sido sugeridas na literatura. As metodologias ativas são amplamente destacadas por seus benefícios no engajamento dos alunos e na construção de seu conhecimento de

forma mais participativa e autônoma. Rafael (2017) afirma que metodologias como a aprendizagem baseada em problemas (PBL) e a aprendizagem colaborativa promovem uma maior integração entre os conceitos e sua aplicação prática, permitindo que os alunos construam o conhecimento de forma mais significativa.

Além disso, as tecnologias educacionais têm sido cada vez mais utilizadas para facilitar o ensino de conceitos complexos. Ferramentas como o GeoGebra são frequentemente citadas como meios eficazes de representação visual de conceitos matemáticos abstratos, como limites e derivadas. Biazutti, Vaz e Andrade (2020) destacam que o uso do GeoGebra, por exemplo, permite que os alunos visualizem o comportamento de funções em tempo real, o que facilita a compreensão de conceitos como continuidade e derivada. Segundo Rafael (2017), o uso dessas tecnologias permite que os alunos interajam diretamente com o conteúdo, tornando o aprendizado mais dinâmico e intuitivo.

A gamificação também tem sido apontada como uma estratégia eficaz no ensino de Cálculo I. Segundo Amorim (2018), a gamificação, ao introduzir elementos de jogos no ambiente de aprendizagem, pode aumentar o engajamento dos alunos e motivá-los a estudar mais, além de estimular a resolução de problemas de forma colaborativa e criativa.

### 3.1.3 Desafios na implementação das estratégias inovadoras

Embora as práticas pedagógicas inovadoras apresentem resultados promissores, sua implementação no contexto do ensino de Cálculo I enfrenta vários desafios. Um dos principais obstáculos é a falta de formação e preparo dos professores para lidar com as novas metodologias. Como apontado por Paula e Soares (2016), muitos docentes não possuem a formação necessária para aplicar metodologias ativas de maneira eficaz, o que limita o sucesso dessas abordagens no ambiente de sala de aula. Fontes (2021) observa que, embora as tecnologias e metodologias inovadoras estejam cada vez mais acessíveis, muitos professores têm resistência ao uso dessas ferramentas devido à falta de familiaridade ou ao medo de não obter os resultados esperados. Conforme ilustrado na Figura 01, que apresenta os prin-



cípios que constituem as metodologias ativas de ensino, essa resistência pode ser superada com a formação contínua dos docentes e o apoio institucional adequado.

**Figura 01:** Princípios que constituem as metodologias ativas de ensino.



**Fonte:** Adaptado de Fontes, 2021.

Amorin (2018) destaca que muitos estudantes, especialmente os mais acostumados com métodos tradicionais, demonstram ceticismo em relação ao uso de novas abordagens, como a aprendizagem baseada em problemas e a gamificação. Essa resistência pode estar relacionada à falta de confiança nas novas metodologias ou ao medo de não dominar as tecnologias utilizadas nas aulas. Santos (2021) também observa que os alunos que não compreendem a razão das mudanças metodológicas podem acabar se tornando mais dispersos e menos engajados, o que comprometeria a eficácia do ensino.

### 3.1.4 Contribuições das estratégias inovadoras para o ensino de cálculo I

Apesar dos desafios mencionados, as metodologias ativas e o uso de tecnologias educacionais têm mostrado resultados positivos na melhoria da aprendizagem de Cálculo I. Blass e Irala, (2020) apontam

que, a aprendizagem baseada em problemas (PBL) tem sido particularmente eficaz no ensino de conceitos abstratos, pois permite que os alunos apliquem o que aprenderam em situações práticas, reforçando a compreensão dos conceitos e estimulando o pensamento crítico. A aprendizagem colaborativa, quando bem aplicada, proporciona um ambiente de troca de conhecimentos entre os alunos, o que também facilita a compreensão de conteúdos difíceis (Alvarenga *et al.*, 2017).

Além disso, a visualização interativa de conceitos por meio de tecnologias como o GeoGebra permite que os alunos vejam de maneira mais clara e concreta como os conceitos de limites e derivadas se aplicam a funções e problemas do mundo real. Isso pode diminuir a abstração da matéria e torná-la mais acessível. Biazutti, Vaz e Andrade (2020) confirmam que, o uso de ferramentas tecnológicas tem gerado uma melhoria substancial no desempenho dos alunos, especialmente na resolução de exercícios complexos, uma vez que as tecnologias proporcionam uma abordagem mais visual e interativa.

### 3.1.5 Oportunidades das práticas pedagógicas inovadoras

Conforme Pinheiro e Bascarioli (2022), as dificuldades que envolvem o ensino de Cálculo I, a implementação de práticas pedagógicas inovadoras oferece uma grande oportunidade para melhorar a aprendizagem dos alunos. As metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas e a gamificação, assim como as tecnologias educacionais, têm mostrado grande potencial para engajar os alunos e tornar os conceitos de cálculo mais acessíveis. No entanto, os desafios relacionados à formação docente e à resistência dos alunos exigem uma abordagem cuidadosa e gradual (Amorin, 2018).

A adoção de práticas inovadoras deve ser acompanhada de um processo de formação contínua para os professores e de apoio às instituições de ensino para garantir que as tecnologias e metodologias sejam aplicadas de forma eficaz. A resistência inicial dos alunos pode ser superada com o tempo, especialmente quando os benefícios dessas abordagens se tornam evidentes (Magalhães, 2023).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar os desafios enfrentados no ensino de Cálculo Diferencial e Integral I e as estratégias pedagógicas inovadoras que têm sido propostas para superar essas dificuldades, especialmente por meio de metodologias ativas e o uso de tecnologias educacionais. A pesquisa demonstrou que, de fato, o ensino de Cálculo I apresenta desafios significativos, tanto no que diz respeito à complexidade dos conceitos envolvidos, como aos fatores relacionados à preparação dos alunos e dos professores.

A partir da revisão da literatura, foi possível identificar que a abstração dos conceitos de limites, derivadas e integrais é uma das principais barreiras para o aprendizado, o que corroborou o problema de pesquisa inicialmente proposto. Além disso, ficou claro que as metodologias tradicionais, baseadas em um ensino expositivo, têm limitações significativas no contexto atual, especialmente diante das novas demandas educacionais. Por outro lado, as metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas e a gamificação, junto ao uso de ferramentas tecnológicas, têm mostrado grande potencial para engajar os alunos e facilitar a compreensão dos conceitos de cálculo.

Quanto aos objetivos estabelecidos, pode-se afirmar que foram alcançados. O objetivo geral de investigar os desafios e as estratégias pedagógicas inovadoras no ensino de Cálculo I foi cumprido, assim como os objetivos específicos, que abordaram aspectos como os desafios específicos da disciplina, as metodologias inovadoras utilizadas e os impactos dessas abordagens na aprendizagem dos alunos. O método de pesquisa baseado em revisão bibliográfica foi adequado, pois permitiu a análise de um vasto número de estudos e a obtenção de dados consistentes e variados sobre o tema.

A bibliografia utilizada correspondeu às expectativas, fornecendo uma base sólida para a análise dos resultados. As fontes revisadas contribuíram com uma visão crítica e reflexiva sobre o ensino de Cálculo I, evidenciando tanto os avanços quanto os desafios persistentes nesse campo.

Entretanto, novos problemas e questões surgiram ao longo da pesquisa, como a resistência de alguns professores e alunos às no-

vas metodologias e a necessidade de mais estudos sobre a eficácia dessas abordagens em diferentes contextos educacionais. Portanto, é necessário que mais pesquisas sejam realizadas, com enfoque na aplicação prática dessas estratégias, para que se possa avaliar sua real eficácia e sugerir melhorias.

Em suma, a pesquisa demonstrou que, embora os desafios no ensino de Cálculo I sejam grandes, as estratégias inovadoras têm potencial para transformar a maneira como os alunos aprendem essa disciplina, contribuindo para uma formação mais sólida e integrada com as necessidades do mercado de trabalho e das demandas educacionais contemporâneas.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, K. B. *et al.* **O ensino e a aprendizagem de cálculo diferencial e integral: Características e interseções no centro-oeste brasileiro.** Revista Brasileira de Ensino Superior, v. 2, n. 4, p. 46–57, 2017.

AMORIN, R. *et al.* **Math game: uma estratégia lúdica para o ensino de cálculo diferencial e integral em cursos de engenharia.** Revista de Ensino de Engenharia, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 57-65, 2018.

ARAUJO, Everton Alves De. **Proposta de ensino do cálculo diferencial e integral no ensino médio via Geogebra.** 2015.

ARAÚJO, M. A. G; FREITAS, M. V. C. **A eficiência no planejamento, gerenciamento e controle de obras.** Pesquisa unifimes, 2018.

BIAZUTTI, A.; VAZ, R. F.; ANDRADE, L. R. **Discutindo o método de ensino por meio da resolução de problemas (merp).** Revista Baiana de Educação Matemática, v. 1, p.e202019–e202019, 2020.

BLASS, L.; IRALA, V. B. **O uso da aprendizagem baseada em problemas (pbl) como metodologia de ensino em aulas de cálculo numérico.** Revista de educação matemática, v. 17.p. e020035–e020035, 2020.

CASASOLA, María Fernanda Mora. **Docência emancipatória no processo ensino-aprendizagem de cálculo diferencial e integral na Universidade Federal de Uberlândia (Brasil) e no Instituto Tec-**

**nológico de Costa Rica.** 2023. 300f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

FONTES, L. S. **As metodologias ativas de aprendizagem e sua contribuição para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral.** Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Educação, Programa de Pós-graduação em Educação, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.unb.br/handle/10482/42983>. Acesso em: 05 de Dez. 2024.

FONTES, Líviam Santana. **A avaliação da aprendizagem na disciplina Cálculo Diferencial e Integral: em busca de sentidos pedagógicos.** 2015. Dissertação (mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

FREITAS, Ana Paula de. **Zona de desenvolvimento proximal: a problematização do conceito através de um estudo de caso.** 2001. Tese de Doutorado. [sn].

MAGALHÃES, George Ribeiro Rodrigues. **Aplicação do Moodle em metodologias ativas para alavancar o desempenho em disciplinas de cálculo.** 2023. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação - Campus de Sobral, Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2023.

PAULA, M. R.; SOARES, Gisele Americo. **A utilização de algumas ferramentas das metodologias ativas de aprendizagem para as aulas de cálculo diferencial.** Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades São Paulo–SP, v. 13, 2016.

PINHEIRO, Geovane Duarte; BOSCARIOLI, Clodis. **Metodologias Ativas eo Ensino de Càlculo Diferencial e Integral I em Cursos de Engenharia-**Uma Revisao da Literatura. Revista de Ensino de Engenharia, v. 41, p. 140-153, 2022.

RAFAEL, R. C. **Cálculo Diferencial e Integral: um estudo sobre estratégias para redução do percentual de não aprovação.** 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Educação Matemática, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

SANTOS, Jhonata Moraes dos. **Uma abordagem colaborativa para o ensino de cálculo diferencial e integral**, 2021. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2021.

## CAPÍTULO 11

### DESAFIOS NA LOGÍSTICA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, COM ENFOQUE NO TERRITÓRIO DOS COCAIS DO PIAUÍ

#### *CHALLENGES IN THE LOGISTICS OF CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT, WITH AN EMPHASIS ON THE COCAIS TERRITORY OF PIAUÍ*

**Dirceu do Nascimento Martins Júnior**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0009-8058-6702>

[dirceum2014@gmail.com](mailto:dirceum2014@gmail.com)

**João Vinícius Silva Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0006-1546-9284>

[joaoviniiciusgomes355@gmail.com](mailto:joaoviniiciusgomes355@gmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Adrian de Oliveira Melo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0003-4020-0357>

[adrianoliveira117@gmail.com](mailto:adrianoliveira117@gmail.com)

**Ana Beatriz Andrade de Sousa**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8040-5069>

[anabeatrizcom32@gmail.com](mailto:anabeatrizcom32@gmail.com)

**Antônio Estevam da Costa Neto**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0006-2584-368X>

[eng.estevamneto@gmail.com](mailto:eng.estevamneto@gmail.com)

**Chagas Vinicius de Matos Andrade Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-5892-4524>

[chagasvinicius04@gmail.com](mailto:chagasvinicius04@gmail.com)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8601-9580>

[mikaellecavalcante2003@gmail.com](mailto:mikaellecavalcante2003@gmail.com)

**Rhuan Petrovisk Silva Medeiros**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0008-0332-9756>

[rhuan123@gmail.com](mailto:rhuan123@gmail.com)

**RESUMO**

A construção civil, embora fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, é uma das maiores geradoras de resíduos sólidos, com impactos ambientais significativos. Este estudo investiga os desafios e soluções na gestão desses resíduos no Território dos Cocais Piauiense, destacando as boas práticas adotadas por profissionais e empre-



sas do setor. A pesquisa, de caráter exploratório, combinou levantamento bibliográfico, visitas a campo e questionários virtuais aplicados a empresas e profissionais da construção civil em municípios da região. O tratamento estatístico realizado aponta que apenas 56,4% dos profissionais e 33,3% das empresas adotam boas práticas de gestão, sendo a frequência efetiva ainda menor (33,3%). A maioria dos respondentes (66,7%) sente-se pouco capacitada e 47,9% dos resíduos ainda são destinados a lixões, de acordo com os resultados. Entre os principais obstáculos, destacam-se a falta de infraestrutura, a burocracia e restrições orçamentárias, presentes em 72,5% dos casos. Embora a especialização contribua para a adoção de boas práticas, ela não é determinante. Ainda se nota um maior engajamento do setor privado (76,2%) em relação ao público (42,9%). Conclui-se que, apesar do conhecimento teórico existente, a aplicação prática é limitada, sendo necessárias políticas públicas, incentivos e capacitação contínua para fortalecer a gestão sustentável de resíduos na região.

**Palavras-chave:** Construção Civil; Gerenciamento de Resíduos; Boas Práticas; Sustentabilidade; Cocais Piauiense.

## ABSTRACT

The construction industry, although fundamental to socioeconomic development, is one of the largest generators of solid waste, with significant environmental impacts. This study investigates the challenges and solutions in the management of such waste in the Cocais territory of Piauí, highlighting the good practices adopted by professionals and companies in the sector. The exploratory research combined a literature review, field visits, and virtual questionnaires applied to construction companies and professionals in municipalities of the region. The statistical analysis carried out indicates that only 56.4% of professionals and 33.3% of companies adopt good management practices, with the actual adoption rate being even lower (33.3%). Most respondents (66.7%) feel insufficiently qualified, and 47.9% of waste is still disposed of in open dumps, according to the results. Among the main obstacles are the lack of infrastructure, bureaucracy, and budget constraints, present in 72.5% of cases. Although specialization contributes to the adoption of good practices, it is not decisive. There is also

greater engagement from the private sector (76.2%) compared to the public sector (42.9%). It is concluded that, despite existing theoretical knowledge, practical application remains limited, requiring public policies, incentives, and continuous training to strengthen sustainable waste management in the region.

**Keywords:** Construction Industry; Waste Management; Good Practices; Sustainability; Cocais from Piauí.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil sempre desempenhou um papel fundamental na evolução das sociedades, desde a busca por abrigo na pré-história até a complexidade dos empreendimentos modernos, das mais diversas naturezas, evoluindo conforme as sociedades se desenvolveram e passando a abarcar uma variedade de áreas e práticas (Azevedo, 2023). No entanto, esse setor também representa um dos principais responsáveis pela geração de resíduos sólidos, demandando estratégias eficazes de gerenciamento para mitigar impactos ambientais. Apesar das diretrizes normativas, como a Resolução CONAMA Nº 307/2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 com suas respectivas atualizações, a implementação de boas práticas de gestão ainda enfrenta barreiras técnicas, estruturais e culturais, especialmente em regiões com carência de infraestrutura, como a de diversos municípios piauienses.

Exploram-se assim os desafios e as soluções relacionados à gestão de resíduos na construção civil, com enfoque na adoção de boas práticas nas cidades do Território dos Cocais, no Estado do Piauí. Em um contexto de crescente expansão das atividades construtivas, a geração de resíduos sólidos aumenta proporcionalmente, exigindo estudos aprofundados sobre o gerenciamento desses resíduos no setor. Embora existam diretrizes e boas práticas recomendadas, elas enfrentam barreiras para sua aplicação efetiva, como falta de infraestrutura adequada, limitações técnicas e baixa conscientização sobre sustentabilidade entre profissionais e empresas. A ausência de capacitação técnica e conscientização contribui para o desperdício de

recursos naturais, agravando a geração excessiva de resíduos (Oliveira, L. et al., 2020).

A problemática central do estudo reside na efetividade da adoção das boas práticas de gestão de resíduos da construção civil pelos profissionais e empresas de engenharia. A geração excessiva e o descarte inadequado desses materiais contribuem para desperdícios de recursos naturais e aumentam o rastro ambiental disruptivo das obras. Como enunciam Silva et al. (2020), o impacto ambiental dos resíduos da construção e demolição (RCD) é expressivo, considerando-se que mais de 10 bilhões desses resíduos são gerados mundialmente, resultando em elevado consumo de matérias-primas e energia, além de contribuírem significativamente para as emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, a dimensão desse problema também é evidente, estimando-se em 100 milhões de toneladas por ano. Embora existam iniciativas voltadas à economia circular e à construção sustentável, a aplicabilidade dessas soluções é, muitas vezes, limitada por falta de capacitação técnica, recursos financeiros insuficientes e a resistência à mudança de práticas convencionais.

Nesse contexto, para um empreendimento bem-sucedido, sustentável e em conformidade com a legislação, é imprescindível um planejamento detalhado e alinhado às normas reguladoras (Silva; Poznyakov, 2020). Assim, o setor da construção tem buscado e promovido estratégias, ainda que iniciais, para reduzir a produção de resíduos durante as diferentes fases do desenvolvimento de um projeto, incluindo práticas de construção sustentável que visam à redução do desperdício desde a fase de elaboração (Oliveira et al., 2020). Logo, torna-se essencial compreender como os profissionais e empresas do setor lidam com o gerenciamento de resíduos e quais fatores influenciam sua aplicação na prática.

O estudo em questão analisa a implementação dessas práticas no Território dos Cocais Piauiense, investigando os desafios e as oportunidades para um gerenciamento mais eficiente e sustentável dos RCDs. Para tanto, ele conta com um amplo referencial teórico atual e pertinente, que confere embasamento à investigação, a qual, por sua vez, foi conduzida por meio de uma metodologia que engloba pesquisa bibliográfica e coleta de dados, através de visitas *in loco* e aplicação

de questionários virtuais. Dessa forma, os dados foram tratados, organizados e discutidos, chegando às conclusões fundamentais para evidenciar maneiras de atenuar os impactos ambientais ocasionados pela construção civil, contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Globalmente, engenheiros são responsáveis por desenvolver soluções que enfrentam desafios contemporâneos, como a adaptação a mudanças tecnológicas, inovações, modernização de estruturas, relações interpessoais e o alinhamento da sustentabilidade ao seu serviço. De acordo com Silva et al. (2021), a Agenda 21 é um instrumento de planejamento voltado para a construção de sociedades sustentáveis. Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), líderes globais se reuniram para discutir ações de preservação da vida e do meio ambiente, estabelecendo medidas que todos os países deveriam adotar para garantir a qualidade de vida no planeta. Assim, é imperioso destacar que, como plano de ação para a manutenção da sustentabilidade, a Agenda 21 está diretamente ligada ao papel do engenheiro, especialmente na implementação de práticas que equilibrem desenvolvimento e preservação ambiental.

Para Ataídes, Silva e Rosa (2020), a construção civil está associada ao desenvolvimento de cidades e sociedades, mas também gera impactos ambientais significativos, devido ao uso intensivo de recursos naturais finitos. Nesse contexto, a gestão de resíduos na engenharia civil surge como uma extensão crucial das práticas sustentáveis defendidas pela Agenda 21, refletindo a responsabilidade dos engenheiros em minimizar o impacto ambiental de suas obras. Com o aumento da urbanização e das atividades de construção, a geração de resíduos desafia o setor, exigindo que os profissionais adotem boas práticas e estratégias para reduzir excedentes, alinhando seus projetos às diretrizes de um desenvolvimento sustentável. Além disso, a conscientização sobre a gestão de resíduos reforça o papel do engenheiro civil como agente de transformação social, buscando não apenas atender às necessidades imediatas da sociedade, mas também garantir um futuro próspero e sustentável para as próximas gerações.

## 2.1 Construção Civil e Desenvolvimento Sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável, assim como seus elementos (os três pilares: econômico, ambiental e social), consoante Bilar (2021), vem se aperfeiçoando com o passar dos anos. Contudo, existe um campo comum entre os diferentes autores de que o desenvolvimento sustentável possui um caráter interdisciplinar, plural, dinâmico e interconectado, diante da complexidade das necessidades atuais e da responsabilidade em relação às gerações seguintes. Dentro desse contexto, busca-se entender como a construção civil contribui para o desenvolvimento sustentável, diante do tripé: economia, meio ambiente e sociedade.

### Papel da construção civil na economia

A economia, conforme Timklay (2023), pode ser entendida como um princípio que analisa a distribuição de recursos limitados (matéria-prima transformada em bens e serviços) para indivíduos e sociedade com eficiência, visando atender às necessidades ilimitadas. Esse conceito evidencia a ligação entre economia e a indústria da engenharia e construção civil, que, segundo a Pesquisa Global da Construção Civil de 2023, da KPMG Brasil – uma das maiores empresas multinacionais de auditoria e consultoria do mundo – é responsável por construir e manter, com recursos escassos, a infraestrutura necessária para o funcionamento de um país, impulsionando o crescimento econômico e melhorando o padrão de vida das pessoas.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em seus relatórios econômicos, destaca que a construção civil correspondeu a 22% do PIB do setor industrial na última década (CBIC, 2021) e que o mercado de trabalho formal no 1º semestre de 2024 teve o melhor desempenho dos últimos 12 anos (CBIC, 2024). Esses dados ilustram como a construção civil, embora seja uma parcela do setor industrial, contribui substancialmente para o crescimento econômico.

Outro cenário relevante foi o desempenho do setor durante a pandemia de COVID-19. Colares (2021), em pesquisa com 34 empresas da bolsa de valores brasileira (B3), constatou que, na contramão

de outros setores, a construção civil superou a crise com saldo positivo, sendo a maior geradora de empregos no período.

### Impactos ambientais e a responsabilidade social da engenharia civil

A construção civil é uma das indústrias que mais extrai recursos naturais, consome energia e gera resíduos em suas diversas etapas, sendo uma potencial causadora de impactos socioambientais e econômicos negativos. O descarte inadequado de resíduos sólidos, por exemplo, prejudica o ar, o solo, a água, a qualidade do meio ambiente e a saúde da população (Pinto, 1999 apud Attié, 2021). A ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição) revela que, em 2022, foram geradas cerca de 120 milhões de toneladas de Resíduos da Construção Civil (RCC), grande parte descartada de forma inadequada em corpos d'água, ruas e terrenos baldios, agravando os problemas ambientais (Torres, 2023).

Segundo Bueno Lopes (2021), a construção civil utiliza massivamente cimento e agregados minerais, cuja extração e produção envolvem alto consumo de energia, liberação de CO<sub>2</sub> e geração de RCC. Diante disso, é essencial que a engenharia civil assuma seu papel na gestão responsável dos recursos, como destacado pela UNESCO no relatório “Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável” (2021). O documento defende a aplicação de inovações, como a economia circular, em que produtos retornam à cadeia produtiva como insumos, equilibrando os três pilares do desenvolvimento sustentável.

Além da mitigação de impactos ambientais, a engenharia civil tem um papel crucial no atendimento às necessidades humanas básicas. A UNESCO (2021), ainda no relatório “Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável” – documento feito como projeto de ação para os engenheiros que lideram os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), elaborados pela Agenda 2030 – destaca como a engenharia aplica o conhecimento para a resolução de problemas, sendo, portanto, os engenheiros vitais para manutenção das necessidades humanas básicas. Logo, através da criação e manutenção de infraestrutura básica e sustentável, novas tecnologias e inovações, a engenharia, em especial a civil,

impulsiona o crescimento econômico e cria empregos, promove o alívio da pobreza e a criação de melhores perspectivas para redução de desigualdades.

A CBIC, em seus relatórios econômicos, segundo dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) – sistema do governo que coleta informações sobre empregados e empregadores – destaca que, em 2021, 43,72% dos trabalhadores formais no setor não possuíam ensino médio completo, e 45,09% dos 159.203 novos empregos criados em 2024 foram ocupados por jovens. Esses dados reforçam a importância social da construção civil ao gerar novos postos de trabalho.

Portanto, os engenheiros civis ainda são peça central na construção de cidades seguras, inclusivas e resilientes, pois possibilitam o acesso ao saneamento básico – salvando milhares de vidas ao fornecer tratamento de água e esgoto – e resiliência a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra (UNESCO, 2021).

## 2.2 Resíduos da Construção Civil

A Resolução Nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) define resíduos da construção civil como aqueles gerados por construções, reformas, reparos e demolições de obras, bem como os produzidos na preparação e escavação de terrenos, incluindo materiais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, entre outros.

### Fonte geradora dos resíduos

Para Gonçalves (2024), o descarte inadequado e a falta de planejamento para reaproveitamento de resíduos sólidos são comuns em obras de pequeno e médio porte, principalmente devido a orçamentos limitados e à busca por redução de custos. Essa realidade leva muitos profissionais a negligenciar práticas sustentáveis e deixar de considerar soluções adequadas. Além disso, subestimar a quantidade de resíduos gerados e a falta de preparo para seu descarte ou reaproveitamento agravam o problema, impactando significativamente o meio ambiente e a sustentabilidade do país como um todo.



Ademais, como enunciado por Santos et al. (2023), a geração de resíduos também vem crescendo devido ao aumento da população, urbanização e desenvolvimento econômico, particularmente em países em desenvolvimento. Reformas e superprodução, especialmente de argamassas e gesso, resultam em materiais excedentes, contribuindo para o acúmulo de entulhos. De fato, vários fatores contribuem para a geração de resíduos na construção civil, mas algumas das causas mais frequentes incluem os reparos de edificações, que resultam em aumentos ou modificações na área construída. A superprodução também é uma das causadoras da geração de resíduos, que ocorre quando se prepara mais material do que o necessário, como ao fazer argamassa ou gesso em excesso (Oliveira, L. et al., 2020).

Nesta lógica, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023, realizado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023), o país produziu 45 mil toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) apenas em 2022. As regiões Norte e Centro-Oeste aumentaram a geração de RCD em 1,5% e 3,0%, respectivamente, enquanto o Sudeste, apesar de uma redução de 1,8%, continua sendo a maior responsável, representando 50,6% do total gerado.

Portanto, a previsão e o gerenciamento de resíduos são desafios, pois as características e quantidades variam conforme o desenvolvimento econômico e urbano de cada região. Nagalli (2022) ressalta que os inúmeros materiais de construção e métodos construtivos disponíveis para serem aplicados em um empreendimento dificultam a previsão dos tipos e volumes de resíduos gerados. Além disso, a produção de RCD varia entre municípios, influenciada pelo nível de desenvolvimento local de cada região. Um outro agravante nesse cenário, segundo Gonçalves et al. (2023), é a falta de infraestrutura para segregação e destinação adequada dos RCDs em muitas cidades, o que fomenta o seu descarte desproporcional em vias públicas e margens de rios.

### Tipos de resíduos

Segundo a norma ABNT NBR 10004 (2004), a classificação de resíduos sólidos consiste em identificar o processo ou atividade que



os originou, analisar seus constituintes, e comparar esses elementos com listas de resíduos e substâncias de impacto conhecido para a saúde e o meio ambiente. Há também, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 307/2002, a classificação dos resíduos em quatro categorias distintas, de acordo com seu potencial de reutilização e reciclagem até a viabilidade de tratamento e disposição final. Para todo efeito, as referidas normas classificam-os em (Quadro 01 e Quadro 02):

**Quadro 01 – Classificação dos resíduos sólidos**

| Classificação                         | Definição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resíduos classe I<br>– Perigosos      | Aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, resíduos com propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas que podem oferecer risco à saúde pública ou ao meio ambiente, especialmente se geridos de forma inadequada, incluindo características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.                                                          |
| Resíduos classe II<br>– Não perigosos | Não possuem em sua composição características classificadas como perigosas, mas ainda assim exigem cuidado no descarte.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Resíduos classe II<br>A – Não inertes | Resíduos inertes, conforme definido nesta norma, são aqueles que não reagem ou se degradam facilmente no meio ambiente e podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.                                                                                                                                                                       |
| Resíduos classe<br>II B – Inertes     | São considerados inertes os resíduos que, ao serem amostrados de forma representativa (conforme a ABNT NBR 10.007) e submetidos a contato com água destilada ou desionizada à temperatura ambiente (conforme a ABNT NBR 10.006), não liberam nenhum componente em concentrações acima dos padrões de potabilidade da água, exceto por características de aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor |

Fonte: adaptado de ABNT. NBR 10.004, 2004.

**Quadro 02 – Classificação dos resíduos da construção civil**

| Classificação | Definição                                                                                                                                                                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe A      | Resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como agregados, que incluem materiais provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de infraestruturas e edificações. |
| Classe B      | Resíduos recicláveis que podem ter outras destinações, incluindo plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, e embalagens vazias de tintas e gesso.             |
| Classe C      | Resíduos para os quais não existem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem ou recuperação.                                                      |

|          |                                                                                                                                                                                                        |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe D | Resíduos perigosos resultantes de processos de construção, como tintas, solventes e óleos, além de materiais contaminados, como telhas e objetos que contenham amianto ou substâncias nocivas à saúde. |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Fonte:** adaptado de Resolução CONAMA nº 307, 2002.

## 2.3 Gerenciamento e os Aspectos Legais e Normativos

A Lei Nº 12.305/2010 foi responsável por instituir a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo a principal legislação vigente sobre o tema de gerenciamento de resíduos. Entre os resíduos sólidos por ela tratados, encontram-se os resíduos da construção civil definidos como aqueles originados de obras de construção civil, sejam elas de construção, demolição, reparos ou reformas, inclusive os oriundos da fase de conformação do terreno (Brasil, 2010).

Em seu Art. 4º, a PNRS é definida como:

O conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010, p.n).

A PNRS visa proteger a saúde pública, a qualidade ambiental e promover responsabilidade social ao reconhecer resíduos reutilizáveis e recicláveis como insumos econômicos de valor social, geradores de empregos. Ela ainda responsabiliza as empresas pela destinação final adequada de resíduos e exige a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) (Camilo, 2022). Outra legislação relevante é a Resolução Nº 307 do CONAMA, que estabelece diretrizes para uma gestão integrada de resíduos, priorizando ganhos sociais, econômicos e ambientais, além de responsabilizar os geradores pela destinação adequada, com foco na redução da geração de resíduos (Brasil, 2002).

Dessa forma, os planos de resíduos sólidos organizam e estruturam a gestão dos resíduos em diferentes níveis territoriais e administrativos, sendo essenciais para uma abordagem coordenada e

eficaz, considerando a diversidade de necessidades e capacidades de cada nível de administração. Como elencado por Araújo e Silva (2020), é necessário que os países e demais níveis de gestão assegurem a continuidade das instalações e serviços de gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo reciclagem, tratamento e disposição de forma ininterrupta. Deve-se garantir que os resíduos domiciliares e infecciosos coletados sejam tratados e descartados com segurança, evitando riscos de infecções e contaminação ambiental. Além disso, é fundamental planejar e implementar medidas para mitigar riscos à saúde pública, adotando precauções específicas para proteger os trabalhadores envolvidos na coleta.

Embora os municípios brasileiros concentrem esforços no manejo de resíduos domiciliares e de saúde, os resíduos da construção civil (RCC) têm participação significativa no total gerado. A título de exemplo, no município de São Paulo, a construção civil demanda cerca de 200 milhões de toneladas de materiais para erguer aproximadamente 3 milhões de residências, ilustrando seu impacto expressivo no consumo de insumos (Silva; Poznyakov, 2020). Diante disso, o gerenciamento dos RCCs deve ser pautado por ações educativas, criando condições para que as empresas exerçam suas responsabilidades de forma proativa, minimizando impactos ambientais e sociais.

A gestão ambiental é fundamental não apenas para reduzir os efeitos negativos dos resíduos, mas também para promover uma cultura de sustentabilidade, incentivando o uso consciente de recursos naturais e a preservação dos ecossistemas. Para Ataídes, Silva e Rosa (2020), muitos impactos podem ser mitigados por meio da substituição de materiais poluentes e da reutilização de resíduos, entre outras medidas preventivas.

### **Exercício profissional dos engenheiros**

A Lei Nº 5.194/1966 regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, descrevendo-as como essenciais para empreendimentos de caráter social e humano, como meios de locomoção, comunicação, desenvolvimento industrial, agropecuário e aproveitamento de recursos naturais (Brasil, 1966). Por sua

vez, o Código de Ética Profissional da Engenharia, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia é o documento – elaborado pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) – que determina padrões de conduta e princípios éticos para essas profissões, destacando seus impactos sociais, econômicos e ambientais, com foco no bem-estar e evolução da sociedade (CONFEA, 2024).

Outrossim, o Código de Ética ainda faz considerações sobre o meio ambiente no que tange os princípios éticos, deveres e condutas vetadas aos especialistas referidos. Quanto aos princípios, ele reforça a sustentabilidade como base do trabalho. Entre os deveres, destaca-se a promoção da economia de energia, a minimização de impactos ambientais e a preservação do patrimônio sociocultural e ambiental ao elaborar projetos, executar obras ou criar produtos. Além disso, são vetados quaisquer atos que causem danos ambientais, à saúde humana ou ao seu patrimônio cultural (CONFEA, 2024).

Assim, o exercício profissional dos engenheiros está intrinsecamente ligado à sustentabilidade, conforme estabelecido pela legislação e pelo código de ética. Portanto, é dever do engenheiro tomar suas decisões sempre guiadas pela luz do desenvolvimento sustentável, garantindo que suas ações contribuam para o equilíbrio social, econômico e ambiental.

## 2.4 Boas Práticas e a Ordem de Prioridade na Gestão de Resíduos

Diante dos desafios apresentados pela diversidade das fontes de resíduos e a variação na sua classificação, a adoção de boas práticas de gestão na construção civil se torna uma estratégia fundamental para mitigar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade no setor. Como enuncia Rodrigues (2022), com o fortalecimento das legislações sobre os resíduos da construção civil (RCC), foram estabelecidas diretrizes, critérios, procedimentos, metas e ferramentas de planejamento e controle nos níveis nacional, estadual e municipal.

A gestão desses resíduos é responsabilidade dos municípios, sendo o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) a ferramenta chave para sua execução. Nesse contexto, é essencial que as construtoras adotem uma abordagem racional na

construção, buscando reduzir desperdícios e o volume de resíduos gerados, seja por questões de competitividade ou por compromisso com a responsabilidade ambiental.

Sendo assim, conforme estipulado pelo Art. 9º da Lei Nº 12.305/2010, a gestão e o manejo dos resíduos sólidos devem seguir uma ordem de prioridade, representada na Figura 01 a seguir:

**Figura 01** – Ordem de prioridade na geração de resíduos



**Fonte:** adaptado de Lei Nº 12.305, 2010.

## Não geração e redução de resíduos

Para garantir a prioridade de não geração e redução de resíduos, é fundamental adotar práticas preventivas desde o início do projeto. Isso inclui o gerenciamento eficaz dos materiais, o uso de design com elementos padronizados e modulares, além da implementação de metodologias como o BIM (*Building Information Modeling*), que auxiliam na otimização de recursos e redução de desperdícios.

Nesse sentido, a gestão dos materiais refere-se ao processo de planejar e coordenar todos os esforços para garantir que materiais e equipamentos sejam identificados de forma ágil, adquiridos em quantidade e qualidade adequadas e a um custo eficiente, estando disponíveis no momento exato em que são necessários. Esse conceito também envolve o planejamento e a definição dos materiais essenciais; o controle dos estoques disponíveis; a recepção e distribuição dos materiais fornecidos; seu transporte para o canteiro de obras e entre diferentes pontos do local; e o armazenamento adequado. Portanto, a gestão eficiente de materiais oferece muitos benefícios, desde

redução dos custos totais de material até um controle mais eficaz dos materiais no local de trabalho (Yıldız; Güneş; Kıvrak, 2024).

Simultaneamente, optar por um design com elementos padronizados e modulares, como tijolos ou blocos de tamanhos específicos, pode resultar em uma construção mais ágil e uniforme, além de reduzir o desperdício de materiais e recursos. Isso ocorre porque, ao invés de depender da construção manual no local, os módulos são fabricados em ambientes controlados, onde as condições de produção podem ser otimizadas. Esse processo promete garantir maior qualidade e eficiência, minimizando cortes e sobras, o que diminui significativamente a quantidade de resíduos gerados (Oliveira; Fagundes, 2024).

Por fim, é imperioso destacar que, segundo Oliveira et al. (2020), o uso de BIM no projeto de construção é capaz de oferecer aos profissionais a oportunidade de implementar um planejamento e gerenciamento proativos quanto ao uso dos materiais. Nesse ponto, especialmente durante as fases iniciais do projeto, a utilização dessa tecnologia pode contribuir significativamente para a redução da geração de resíduos de construção, ao possibilitar uma gestão mais eficiente dos recursos desde o começo.

### **Reutilização, reciclagem, tratamento e o conceito de economia circular**

Para incorporar as práticas de reutilização, reciclagem e tratamento no gerenciamento de resíduos na construção civil, é possível reaproveitar materiais como tijolos, concreto, madeira e metais provenientes de demolições, integrando-os em novos projetos e, assim, diminuindo a demanda por recursos virgens e o volume de rejeitos. Tradicionalmente, o processo de demolição envolve empresas que apenas removem a estrutura e encaminham os resíduos para aterros. No entanto, iniciativas como a do Grupo Lendager, em Copenhague, apresentam uma abordagem inovadora: no Projeto Resource Rows, materiais de antigas construções foram resgatados e adaptados para criar uma fachada única. Para contornar a dificuldade de reciclagem de tijolos individuais devido à argamassa, eles foram cortados em módulos reaproveitáveis, o que reduziu as emissões de CO<sub>2</sub> e demons-

trou o potencial de economia e sustentabilidade com o reaproveitamento de materiais (Overstreet, 2020).

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam pelo menos 30% do total de resíduos sólidos produzidos no mundo. Estimativas apontam para cerca de 924 milhões de toneladas na União Europeia em 2016 e 2,36 bilhões de toneladas na China em 2018, com volumes que devem continuar crescendo. O descarte tradicional em aterros sanitários é cada vez mais insustentável. Dessa forma, para reduzir ou eliminar o descarte de RCD, a economia circular surge como uma alternativa de solução promissora. Esse modelo propõe substituir o conceito de fim de vida útil dos materiais por estratégias de redução, reutilização, reciclagem e recuperação, buscando um sistema mais sustentável (Ginga; Ongpeng; Daly, 2020).

Como explorado por Graneva et al. (2024), a aplicação da economia circular no processamento de concreto na gestão de resíduos de construção, por exemplo, tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias adequadas para seu emprego. A pedra britada reciclada, proveniente desses resíduos, é amplamente utilizada em pisos de edifícios não residenciais, estradas com baixo tráfego, estacionamentos (como material de drenagem), parte de aterros ferroviários, preenchimento de caminhos e até na construção de pequenas estruturas arquitetônicas. As vantagens dessa prática são claras: a reciclagem de resíduos de construção para produzir pedra britada reduz significativamente a quantidade de material destinado a aterros; o uso de materiais reciclados diminui a necessidade de extração de novos recursos naturais; economicamente, o uso dessa pedra reciclada no local de produção se torna um recurso vantajoso no contexto atual; e, por fim, essa abordagem contribui para a redução das emissões de carbono, aliviando a pressão sobre o meio ambiente.

A Lei Nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define no artigo 9º que o tratamento de resíduos sólidos ocupa a quinta posição de prioridade no gerenciamento desses materiais. Para realizar esse tratamento, são empregadas tecnologias que buscam neutralizar as características prejudiciais dos resíduos, muitas vezes transformando-os em produtos que podem agregar valor, como matérias-primas secundárias. Isso ocorre porque qualquer

bem de consumo, após perder sua utilidade, pode ser separado, classificado e processado, resultando em resíduo sólido.

De acordo com Balbueno et al. (2021), no que se refere à disposição final desses resíduos, a legislação prevê a construção de aterros sanitários. Embora estes ajudem a minimizar impactos ambientais e sejam preferíveis à ausência de qualquer tratamento, não são considerados os métodos mais eficientes. Dentro desse contexto, a reciclagem se destaca, pois pode substituir insumos em um modelo de economia circular, e como método de tratamento, proporcionar uma significativa redução de emissões, especialmente relacionadas ao consumo de energia na indústria. Além disso, a compostagem – de materiais como rejeitos vegetais da limpeza do terreno ou madeiras de demolição – surge como uma alternativa eficaz e segura, produzindo um material uniforme que pode ser utilizado na agricultura. Esse processo pode ser realizado em diferentes escalas, desde a doméstica até a municipal ou industrial, adaptando-se às necessidades locais.

### Disposição final dos resíduos

A disposição final ambientalmente correta deve ser adotada apenas quando o resíduo não puder ser tratado de outra forma. Nesse caso, a destinação é realizada principalmente em aterros sanitários, que são uma das opções mais adequadas para resíduos sólidos urbanos no Brasil. No entanto, dados recentes revelam desafios importantes nessa área: em 2023, 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizavam lixões como unidade de disposição final de resíduos sólidos, considerada a pior forma de destinação, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024). Os aterros sanitários são reconhecidos como uma das formas mais econômicas e ambientalmente menos prejudiciais de destinação de rejeitos, devido à sua fácil implantação, baixo custo operacional e à sua facilidade em controlar o processo. Além disso, são considerados umas das técnicas mais seguras, pois permitem a acomodação de diferentes tipos e quantidades de resíduos, oferecendo a melhor relação custo-benefício para o gerenciamento de resíduos sólidos (Moraes, 2022).



### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa desenvolvida neste trabalho possui caráter descritivo-explicativo, pois busca mapear como as boas práticas de gerenciamento de resíduos da construção civil têm sido efetivamente adotadas na região estudada, por profissionais e empresas de engenharia civil, bem como traçar a relação causal entre esta aplicação ou não aplicação com fatores culturais, financeiros e estruturais. Ademais, o estudo ainda buscou destacar na literatura disponível boas práticas aplicadas no Brasil, trazendo maior familiaridade com o tema.

O recorte do território nacional contemplado na pesquisa foi, no Estado do Piauí, o Território dos Cocais Piauiense. Ele é constituído, segundo a Secretaria de Estado do Planejamento/SEPLAN, por 22 municípios, sendo eles: Milton Brandão, Pedro II, Domingos Mourão, Lagoa de São Francisco, Brasileira, São João da Fronteira, Piracuruca, Piripiri, São José do Divino, Batalha, Joaquim Pires, Esperantina, Barras, Morro do Chapéu do Piauí, São João do Arraial, Campo Largo do Piauí, Nossa Senhora dos Remédios, Porto, Matias Olímpio, Madeiro, Joca Marques e Luzilândia (Piauí, 2022).

A metodologia utilizada foi constituída em etapas que se apresentam no Quadro 03, enquanto os instrumentais empregados são ilustrados no Quadro 04.

**Quadro 03 – Etapas da pesquisa**

| Etapa                     | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa 1<br>(02/2025)      | Desenvolvimento de três instrumentais para pesquisa em campo - dois virtuais na plataforma <i>Google Forms</i> e um físico (Quadro 04).                                                                                                                                                                                                                                             |
|                           | Desenvolvimento de termo de consentimento para entrevistas <i>in loco</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Etapa 2<br>(02 – 04/2025) | Realização de pesquisa bibliográfica sobre boas práticas de gerenciamento de resíduos da construção civil nas plataformas <i>Google Acadêmico</i> e <i>Scielo</i> , em artigos, livros, dissertações e teses publicadas no Brasil entre 2020 e 2025 em língua portuguesa e seleção dos trabalhos encontrados a partir da análise de seus títulos, resumos, resultados e conclusões. |

|                           |                                                                                                                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa 3<br>(03 – 04/2025) | Aplicação dos questionários virtuais aos engenheiros civis e empresas de engenharia civil identificados no Território dos Cocais Piauiense. |
|                           | Realização das entrevistas <i>in loco</i> em canteiros de obras com observações e registros fotográficos das práticas encontradas.          |
| Etapa 4<br>(04/2025)      | Organização dos dados obtidos e discussão dos resultados.                                                                                   |

**Fonte:** autoria própria, 2025.

#### Quadro 04 - Instrumentais

| Instrumentais                                                          |
|------------------------------------------------------------------------|
| Instrumental I – Questionário Aplicado a Engenheiros Civis             |
| Instrumental II – Questionário Aplicado a Empresas de Engenharia Civil |
| Instrumental III – Entrevista <i>In Loco</i>                           |

**Fonte:** autoria própria, 2025.

### 3.2 Resultados e Discussão

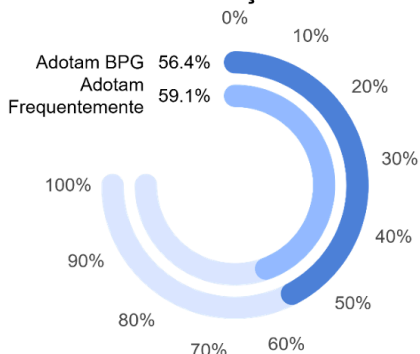
O Questionário I foi aplicado a 39 profissionais de engenharia civil na esfera atuante do Território dos Cocais Piauiense, contemplando 16 municípios (cerca de 73%) das 22 cidades propostas. Por outro lado, o Questionário II foi direcionado a 9 empresas de engenharia civil, alcançando 4 municípios (cerca de 20%) da região. Em relação às entrevistas realizadas em canteiros de obras, foram entrevistados 3 profissionais responsáveis por múltiplos projetos, e visitadas 10 obras. No entanto, considerando a atuação desses profissionais em diferentes frentes de trabalho, foram coletados dados referentes a 17 obras em execução, distribuídas em 2 municípios. Cada item solicitado foi tratado estatisticamente, relacionando com a adoção de Boas Práticas de Gerenciamento de Resíduos (BPG), e as suposições dos autores foram confrontadas com os resultados, conforme conjunto de gráficos dispostos.

No inquérito realizado, observou-se que a maioria dos respondentes possui escolaridade geral avançada, predominando níveis de graduação e especialização. No entanto, essa qualificação acadêmica não apresenta uma relação direta com a adoção de BPG de resíduos na construção civil. Os dados revelam que apenas 56,4% dos profissionais afirmam adotar alguma prática de gerenciamento de resíduos, e, dentre esses, somente 59,1% o fazem de maneira frequente, con-

forme exposto no Gráfico 01. Tal resultado evidencia que a formação acadêmica, por si só, não assegura familiaridade, interesse ou aptidão para a implementação efetiva de BPG, contrariando a expectativa de que níveis educacionais mais elevados resultariam em maior adesão a práticas sustentáveis no setor.

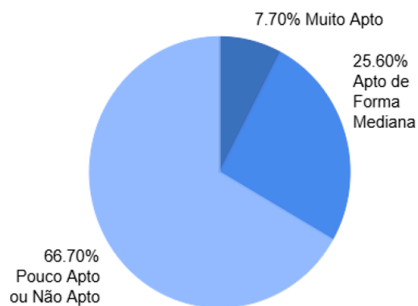
Além disso, seria razoável supor que o maior tempo de formação dos profissionais ou a maior experiência das empresas implicariam em maior competência para a aplicação dessas práticas. No entanto, os dados apontam o contrário: apenas 7,7% dos respondentes se consideram “muito aptos” para implementar BPG, enquanto a maioria (66,7%) se classifica como “pouco apta” ou “não apta”, como apresentado no Gráfico 02. Embora profissionais com 1 a 5 anos de formação predominem na amostra, esse fator isolado também não se traduz em níveis mais expressivos de adoção das boas práticas, sugerindo que tanto a formação acadêmica quanto o tempo de atuação não são determinantes suficientes para garantir maior engajamento ou competência na gestão adequada de resíduos.

**Gráfico 01 – Adoção de BPG**



Fonte: autoria própria, 2025.

**Gráfico 02 – Aptidão autorrelatada**



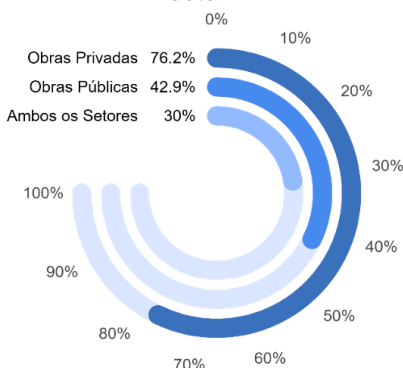
Fonte: autoria própria, 2025.

Verificou-se uma diferença significativa na adoção de boas práticas de gestão de resíduos entre os diferentes campos de atuação profissional, considerando os dados obtidos em ambos os questionários aplicados. Entre os profissionais que atuam exclusivamente em obras privadas, 76,2% afirmaram adotar alguma prática de gerenciamento, sendo que 47,6% desses a aplicam de forma frequente, con-

forme evidenciado no Gráfico 03. Em contraste, nas obras públicas, a realidade é distinta: apenas 42,9% dos profissionais afirmaram adotar BPG, sem registros de aplicação frequente por parte dos profissionais entrevistados e com apenas uma empresa — representando 33,3% das que afirmaram adotar — aplicando boas práticas regularmente. Esse dado reflete possíveis barreiras institucionais, burocráticas e a carência de políticas efetivas de fiscalização e incentivo voltadas ao setor público.

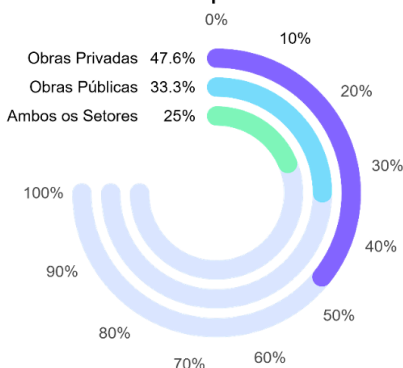
Entre os profissionais e empresas que atuam em ambos os setores, a taxa de adoção é ainda menor, de apenas 30%, sendo que 25% desse grupo relatam aplicação frequente (Gráfico 04). Essa situação sugere que a atuação simultânea em contextos regulatórios e institucionais distintos pode limitar o comprometimento contínuo com as boas práticas. Os dados, portanto, indicam que o setor privado não apenas apresenta a maior taxa de adoção geral, mas também a maior frequência de aplicação dessas práticas, configurando-se como o ambiente mais propício à gestão sustentável de resíduos na construção civil local. Em contrapartida, o setor público evidencia uma baixa adesão e quase total ausência de aplicação frequente, o que pode ser associado a limitações institucionais e à falta de incentivos específicos. Portanto, ao contrário do que pode parecer à primeira vista, o campo de atuação influencia sim tanto na adoção quanto na frequência, com destaque para o setor privado.

**Gráfico 03 – Adoção de BPG por setor**



Fonte: autoria própria, 2025.

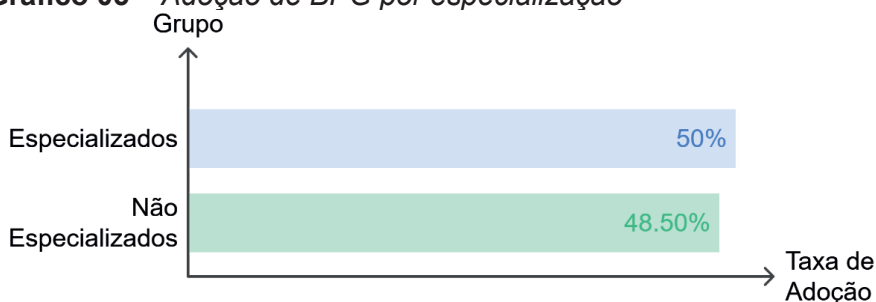
**Gráfico 04 – Frequência de adoção de BPG por setor**



Fonte: autoria própria, 2025.

Ademais, ainda quanto aos profissionais, apenas 25% possuem especialização em áreas como gerenciamento de resíduos ou sustentabilidade. Dos que possuem especialização, 50% adotam alguma prática, contra 48,50% dos que não possuem (Gráfico 05). Nota-se ainda que 100% dos especializados que adotam BPG as aplicam frequentemente, contudo 50% dos especializados não as adotam, indicando que, embora a especialização esteja associada a uma maior consistência na aplicação por parte dos que a seguem, nem todos os especializados de fato as implementam. A suposição de que a especialização levaria a uma maior adoção é, portanto, apenas parcialmente correta, pois os dados indicam que, embora a especialização não demonstre influência significativa na taxa geral de adoção, ela mostra clara associação com a aplicação consistente entre os que adotam. Isso sugere que a especialização contribui mais para a manutenção das práticas do que para sua adoção inicial, destacando seu valor na consolidação do engajamento profissional. Em outras palavras, a formação especializada parece fortalecer o comprometimento daqueles que já optaram por adotar as BPG, funcionando como um fator de aprofundamento e permanência, ainda que não seja, por si só, um estímulo decisivo à adoção.

**Gráfico 05 – Adoção de BPG por especialização**

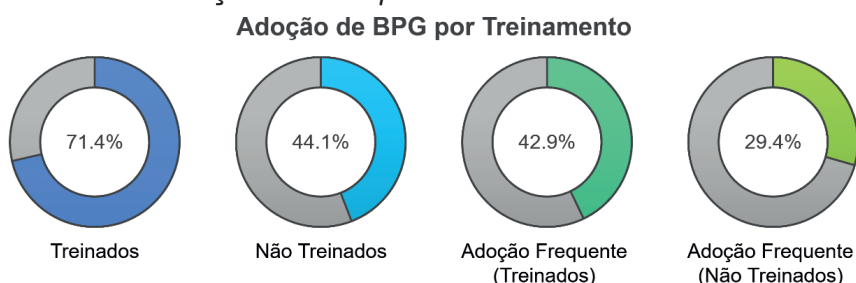


Fonte: autoria própria, 2025.

Do mesmo modo, dos profissionais que receberam treinamento em áreas relacionadas ao tema, 71,4% adotam alguma prática, contra 44,1% dos que não receberam. A frequência de aplicação, portanto, varia moderadamente (42,9% dos treinados aplicam frequentemente, contra 29,4% dos não treinados), conforme Gráfico 06. Isso sugere

que o treinamento não apenas aumenta significativamente a probabilidade de adoção, como também eleva em proporção considerável a aplicação consistente das práticas. A suposição de que treinamento promoveria BPG é confirmada, tanto na adoção inicial quanto na manutenção das práticas, embora a frequência ainda possa ser melhorada com capacitação contínua e suporte institucional.

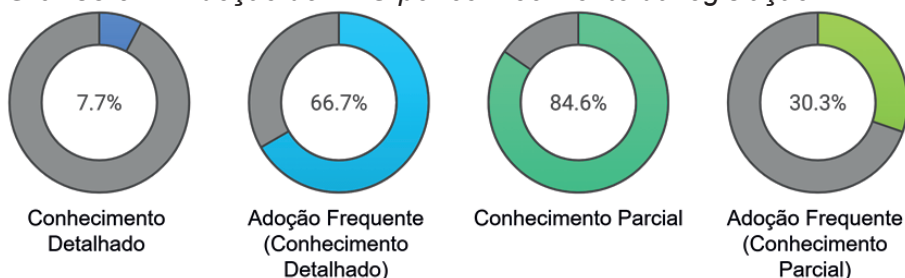
**Gráfico 06 – Adoção de BPG por treinamento**



**Fonte:** autoria própria, 2025.

Outrossim, apenas 7,7% conhecem a legislação em detalhes, e 66,7% deles adotam práticas frequentemente. Entre os 84,6% que conhecem parcialmente, 57,6% adotam alguma prática, mas apenas 30,3% o fazem frequentemente (Gráfico 07). Dos que não conhecem, a adoção é baixa e a frequência ainda menor. O conhecimento detalhado parece correlacionado com maior adoção, mas sua baixa incidência limita o impacto geral, logo, a suposição de que maior conhecimento da legislação promoveria BPG é confirmada apenas para o pequeno grupo com conhecimento detalhado, sugerindo que a disseminação de informações específicas é necessária.

**Gráfico 07 – Adoção de BPG por conhecimento da legislação**

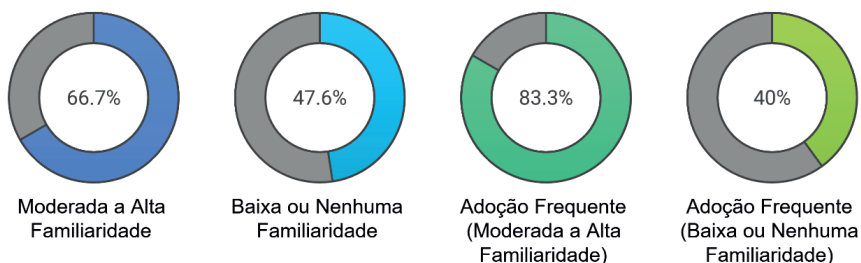


Fonte: autoria própria, 2025.

Entre os profissionais que demonstram de moderada a maior familiaridade com o tema, 66,7% adotam alguma prática, sendo que 83,3% desse grupo as aplicam frequentemente ou sempre. Em contrapartida, entre os que possuem baixa ou nenhuma familiaridade, apenas 47,6% adotam alguma prática, e somente 40,0% o fazem de forma frequente (Gráfico 08). Esses dados revelam uma correlação direta entre o grau de familiaridade e a adoção de BPG. No entanto, a predominância de profissionais com conhecimento limitado justifica a baixa aplicação observada. A hipótese de que maior familiaridade favorece a adoção é confirmada, ao passo que a escassez de profissionais bem preparados reforça a necessidade de investimentos em capacitação e educação técnica.

**Gráfico 08 – Adoção de BPG por nível de familiaridade**

Adoção de BPG por Nível de Familiaridade

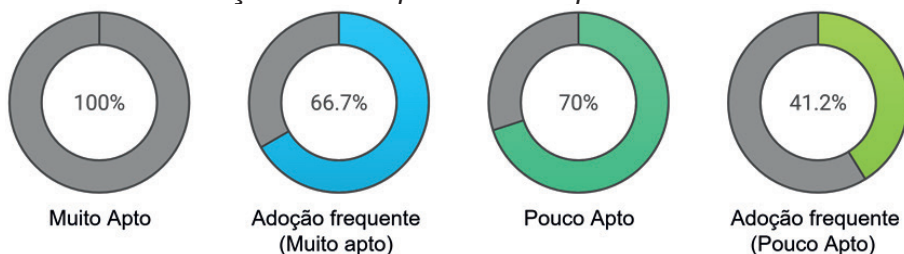


Fonte: autoria própria, 2025.

De forma semelhante, entre os que se consideram muito aptos, 100% afirmam adotar práticas, sendo que 66,7% as aplicam com fre-

quência. Já entre aqueles que se percebem como pouco aptos, apenas 70% adotam alguma prática, e a frequência de aplicação é ainda mais baixa — 41,2% (Gráfico 09). Isso indica que a autopercepção de aptidão também é um forte indicador para a adoção de BPG. Entretanto, como a maioria dos respondentes se avalia como pouco apta (43,6%), a implementação dessas práticas tende a ser limitada. A suposição de que uma maior percepção de competência promove o uso de BPG é validada, mas a baixa autoconfiança da maioria sugere obstáculos como falta de conhecimento, treinamento ou recursos adequados.

**Gráfico 09 – Adoção de BPG por nível de aptidão**



Fonte: autoria própria, 2025.

A análise dos dados evidencia que a baixa adoção das boas práticas está fortemente relacionada à falta de preparo técnico dos profissionais. A maioria (69,2%) não possui especialização ou recebeu treinamento nos últimos dois anos nas áreas relacionadas a BPG e 84,6% conhecem apenas parcialmente a legislação ambiental. Consequentemente, mais da metade dos profissionais (51,3%) afirma ter pouca familiaridade com as práticas, e 66,7% se consideram pouco ou nada aptos para aplicá-las. Esses dados apontam para um ciclo de inércia: sem capacitação, os profissionais se sentem inseguros e pouco motivados a implementar mudanças. A situação é agravada por fatores externos, como a ausência de infraestrutura adequada, reforçando a necessidade de investimentos em educação técnica e suporte institucional.

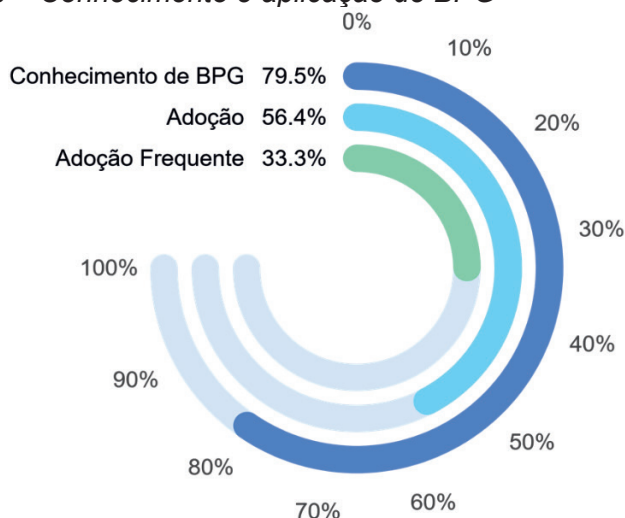
A predominância do uso de lixões como destino final dos resíduos (47,9%) relatada nos questionários e 100% declarada nas obras visitadas evidencia uma falha grave no gerenciamento, ao passo que apenas 20,8% dos profissionais e empresas adotam práticas alinhadas



das com as BPG, como reutilização interna ou venda para recicladoras. Esse cenário reforça a suposição de que a ausência de infraestrutura adequada e a falta de fiscalização comprometem a efetividade das políticas públicas, como a PNRS.

Embora 79,5% dos engenheiros respondentes declararem conhecer alguma prática de gerenciamento, principalmente voltadas à reutilização e reciclagem, apenas 56,4% afirmam aplicá-las no cotidiano e 33,3% com frequência (Gráfico 10). Cenário que se repete de forma semelhante com as empresas, com taxa de aplicação e frequência de apenas 33,3%. Mesmo que a maioria dos entrevistados afirme que as BPG reduzam custos a longo prazo – o que deveria representar um estímulo. Essa discrepância revela uma desconexão entre o conhecimento teórico e a prática, sugerindo que o saber é muitas vezes superficial ou insuficiente para uma aplicação consistente e adequada, ou seja, a adoção declarada e percepção otimista não se refletem em aplicação regular, indicando desconhecimento ou limitações externas. Assim, embora a suposição de que a maioria conhece as práticas e suas vantagens seja confirmada, a baixa adesão prática evidencia a necessidade de superar barreiras estruturais e promover maior apoio técnico para sua implementação.

**Gráfico 10 – Conhecimento e aplicação de BPG**



Fonte: autoria própria, 2025.

A hipótese inicial de que muitos profissionais e empresas confundem ações básicas — como a simples retirada de entulho (Figura 02) — com BPG mostra-se plausível, visto que se observa uma baixa diversidade de práticas e execução inadequada de algumas destas. Neste sentido, 38,5% das práticas apontadas como adotadas pelos profissionais são apenas de reutilização e reciclagem, enquanto as demais não passam de 15%.

Outrossim, nas visitas *in loco* se observou que nenhuma obra possuía um Plano de Gerenciamento de Resíduos das Construção Civil (PGRCC). Das 4 práticas observadas, duas eram de Redução, com maior ocorrência nas obras em relação às demais (como ilustra o Quadro 05), a prática de Segregação ocorria de forma parcial e incorreta (sem construção de locais de armazenamento temporário adequados, como ilustrado nas Figuras 04, 05, 09, 10 e 11) e a Reutilização se resumia ao uso de corte ou entulho como aterro na própria obra (Figura 03).

Em contrapartida, as práticas adotadas pelas empresas, embora possuam melhor distribuição, suas ocorrências ainda são muito baixas. A análise, portanto, confirma que a adoção é restrita e pontual, fato que pode ser atribuído à falta de conhecimento aprofundado ou de recursos adequados para a implementação mais completa das práticas.

**Quadro 05 – Práticas observadas no canteiro de obras**

| Práticas Observadas                                                                                          | Objetivo                  | Ocorrência nas Obras |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Uso de materiais modulares, como estruturas pré-moldadas.                                                    | Redução                   | 23,5%                |
| Controle rigoroso do transporte, armazenamento e estoque (Figuras 06, 07 e 08).                              | Redução                   | 41,2%                |
| Segregação dos resíduos quanto ao tipo.                                                                      | Disposição final adequada | 11,8%                |
| Utilização de técnicas de reutilização de materiais no próprio canteiro (Exemplo: entulho para aterramento). | Reutilização              | 11,8%                |

**Fonte:** autoria própria, 2025.

Figuras 02 e 03 – Obra 1: Sem segregação de RCDs e reutilização de corte para aterro



Fonte: autoria própria, 2025.

Figuras 04 e 05 – Obra 2: Relativa segregação dos tipos de RCDs



Fonte: autoria própria, 2025.

Figuras 06, 07, 08, 09, 10 e 11 – Obra 3: Algumas BPG observadas como segregação dos RCDs e armazenamento adequado de alguns materiais



Fonte: autoria própria, 2025.

Diferente do levantado nas entrevistas e visitas, a pesquisa bibliográfica revelou uma considerável diversidade de BPG aplicadas na realidade nacional, sobretudo práticas de Redução e Reutilização, como apresentado no Quadro 06 – que reúne trabalhos escolhidos pela diversidade de BPG aplicadas. Desse modo, a pesquisa demonstra a capacidade dos engenheiros de adaptar seus conhecimentos à realidade de cada obra e a pluralidade de ações viáveis que podem ser tomadas para cumprir o exigido pelas normas e políticas públicas como a PNRS.



**Quadro 06 – Resultados da pesquisa bibliográfica**

| Autor/Ano                                   | Objetivo                  | Prática                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Queiroz, Oliveira e Lordsleem Júnior (2021) | Redução                   | Compatibilização de projetos.                                                                                                                                            |
|                                             |                           | Estudo para o controle de produção de materiais no canteiro de obras.                                                                                                    |
|                                             |                           | Implantação da logística reversa.                                                                                                                                        |
|                                             |                           | Execução de projeto de alvenaria racionalizada.                                                                                                                          |
|                                             |                           | Utilização de argamassa estabilizada.                                                                                                                                    |
|                                             |                           | Execução de passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas.                                                              |
|                                             | Reutilização              | Uso de resíduos de solo para reaterros na própria obra.                                                                                                                  |
| Jacinto e Carvalho (2022)                   | Reutilização e Reciclagem | Educação ambiental, através de treinamento dos colaboradores.                                                                                                            |
| Cardoso e Carvalho (2023)                   | Reutilização              | Uso de restos de argamassa como substituto da areia para produção de chapisco.                                                                                           |
|                                             |                           | Uso de resíduos cerâmicos da fase de acabamentos como matéria-prima de outros elementos do próprio empreendimento.                                                       |
|                                             |                           | Tratamento das águas cinzas dos ralos dos chuveiros do canteiro de obra.                                                                                                 |
|                                             |                           | Construção de locais para lavagem de bicas dos caminhões de concreto, carrinhos de mão, betoneiras e ferramentas de pintura, com o tratamento e reutilização desta água. |
|                                             | Reciclagem e Reutilização | Separação de resíduos em baias, que serão vendidos para empresas de reciclagem ou reusados.                                                                              |
| Do Nascimento e Pereira (2021)              | Disposição final adequada | Treinamento dos colaboradores.                                                                                                                                           |
|                                             |                           | Implantação de recipientes específicos para coleta seletiva dos materiais.                                                                                               |
|                                             |                           | Controle do transporte para coleta e descarte adequado dos resíduos.                                                                                                     |

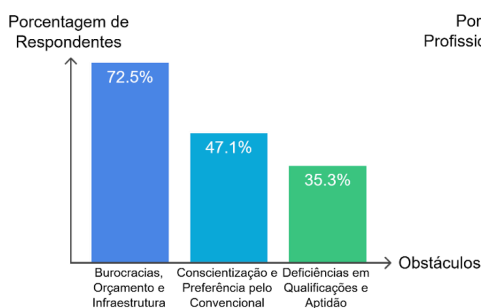
**Fonte:** autoria própria, 2025.

As barreiras enfrentadas ficam evidentes ao analisar as dificuldades na aplicação de BPG. Segundo os dados (dos 3 Questionários), 72,5% dos respondentes apontaram burocracias, restrições orçamentárias e falta de infraestrutura como os principais obstáculos. Além disso, 47,1% destacaram a falta de conscientização sobre

sustentabilidade e a preferência por métodos tradicionais, enquanto 35,3% mencionaram deficiências na qualificação profissional ou falta de aptidão (Gráfico 11). Isso demonstra que fatores externos — como questões institucionais e recursos insuficientes — limitam mais a adoção de BPG do que a falta de conhecimento ou interesse. Embora a conscientização e a capacitação sejam relevantes, seu impacto é secundário diante das barreiras estruturais. Essa predominância sugere que a implementação de BPG depende, sobretudo, de mudanças sistêmicas, além de esforços individuais de capacitação.

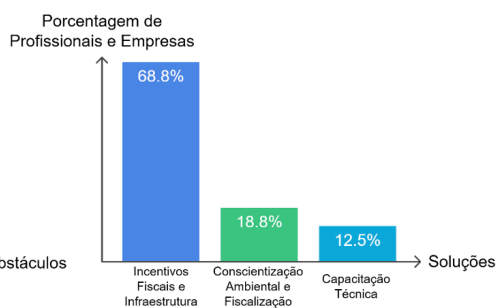
Essa percepção se reflete também nas medidas apontadas: para 68,8% dos profissionais e empresas, incentivos fiscais, parcerias com cooperativas e maior infraestrutura seriam as soluções mais impactantes, enquanto apenas 18,8% priorizam a conscientização ambiental e a fiscalização, e 12,5% defendem maior capacitação técnica (Gráfico 12). A preferência por medidas estruturais reforça a percepção de que os principais obstáculos são externos, alinhando-se às dificuldades já identificadas. Assim, embora educação e sensibilização sejam importantes, a análise dos entrevistados aponta mudanças sistêmicas — como políticas de incentivo e melhorias na infraestrutura — como as soluções mais viáveis para ampliar as boas práticas.

**Gráfico 11 – Obstáculos a adoção de BPG**



Fonte: autoria própria, 2025.

**Gráfico 12 – Soluções mais impactantes para a efetiva adoção de BPG**



Fonte: autoria própria, 2025.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, a análise geral revela que a adoção de boas práticas de gerenciamento de resíduos na construção civil no Território dos Cocais é limitada por uma combinação de fatores internos e externos. Embora 56,4% dos profissionais e 33,3% das empresas declararem adotar alguma prática, apenas 33,3% o fazem frequentemente, e a predominância de descarte em lixões (47,9%) indica falhas significativas no sistema. Barreiras como falta de infraestrutura, burocracias e limitações orçamentárias são os principais entraves, conforme apontado por 72,5% dos respondentes. A baixa familiaridade (53,9% com pouca ou nenhuma familiaridade) e aptidão percebida (66,7% pouco ou não aptos) refletem a necessidade de capacitação contínua, mas a preferência por incentivos fiscais e infraestrutura (68,8%) sugere que soluções estruturais são vistas como prioritárias. Um dado relevante é que, apesar de 70,8% acreditarem que BPG reduzem custos a longo prazo, a adoção permanece baixa – um paradoxo que sugere uma desconexão entre percepção e ação.

Desse modo, a pesquisa atingiu seus objetivos ao descrever a atuação dos profissionais e empresas de engenharia civil no Território dos Cocais Piauiense, abrangendo um número significativo de cidades e profissionais da região, bem como traçar relação entre as características desse gerenciamento com fatores internos e externos, e destacar boas práticas de gestão na literatura disponível. Foi possível ainda confirmar a principal hipótese de que os profissionais e empresas ainda possuem um grande caminho a percorrer antes de se poder afirmar que existe uma aplicação efetiva de gerenciamento de resíduos da construção civil no Território dos Cocais Piauiense, sobretudo devido a obstáculos estruturais e financeiros, que reforçam a necessidade de políticas públicas mais robustas e investimentos em capacitação, para que as boas práticas sejam implementadas de forma consistente na região.

## REFERÊNCIAS

ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. ABREMA, São Paulo, 2023.

Disponível em: [https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf). Acesso em: 10 nov. 2024.

ARAÚJO, Elaine Cristina dos Santos; SILVA, Viviane Farias. **A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do COVID-19**. Geographos. Revista Digital Para Estudantes de Geografía y Ciencias Sociales, [S.L.], v. 11, n. 129, p. 192-215, 2 ago. 2020. Universidad de Alicante Servicio de Publicaciones. <http://dx.doi.org/10.14198/geogra2020.11.129>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 - Resíduos sólidos - Classificação**. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007 - Amostragem de resíduos sólidos**. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

ATAÍDES, F. O., SILVA, L. F. R., ROSA, B. B. B. (2020). **A importância da Gestão Ambiental para a engenharia civil**. Educação Ambiental (Brasil), v.1, n.3, p.65-76.

ATTIÉ, Deborah; DE ANDRADE SALGADO, Fernanda. **Avaliação do Ciclo de Vida na construção civil brasileira: análise de impactos ambientais**. Engineering Sciences, v. 9, n. 1, p. 18-27, 2021.

AZEVEDO, Paulo de Tarso de. **Desperdício de materiais na construção civil: análise e proposta de boas práticas para gestão sustentável dos resíduos**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/D.6.2023.tde-24102023-190326. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-24102023-190326/pt-br.php>. Acesso em: 28 out. 2024.

BALBUENO, Lais Ribeiro; TIBURTINO-SILVA, Lorene Almeida; NOGUEIRA, Micaella Lima; MACIEL, Josemar de Campos; COSTA, Reginaldo Brito da. **Tratamento de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil, correlacionado com dados externos**. Interações (Campo Grande), [S.L.], v. 22, n. 3, p. 883-905, 3 nov. 2021. Universidade Catolica Dom Bosco. <http://dx.doi.org>.



org/10.20435/inter.v22i3.2768. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/nSBKKPy3K6bGTHjwYnChXwM/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BILAR, Alexsandro Bezerra Correia et al. **Desenvolvimento sustentável em publicações científicas brasileiras: uma revisão sistemática**. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 6, n. 1, p. 051-059, 2021.

BRASIL. **Lei nº 5194, de 24 de dezembro de 1966. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, 24 dez. 1966. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5194.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm). Acesso em: 24 out. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 25 out. 2024.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília, 2002. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=305/](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305/). Acesso em: 28 out. 2024.

BUENO LOPES, Anderson; PERTEL, Monica. **Alternativas para Redução do Impacto Ambiental Causado pelos Resíduos da Construção Civil**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 22, n. 22, p. 20-31, jan. 2021. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento/article/view/530>>. Acesso em: 22 out. 2024.

CAMILO, Beatriz Queiroga et al. **Resíduos sólidos na construção civil: análise da gestão frente aos impactos causados ao meio ambiente**. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, p. e32711220994-e32711220994, 2022.

CARDOSO, Paulo Henrique; CARVALHO, Pedro Potenciano de. **Estudo de caso: gestão dos resíduos da construção civil em uma obra no município de Goiânia**. 2023.

CBIC. CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. [S.l.]. CBIC, 2021. **Informativo Econômico - A Importância da Construção Ci-**

**vii.** Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/07/informativo-economico-importancia-construcao-civil-final-julho-2021.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

CBIC. CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. [S.l.]. CBIC, 2024. **Desempenho Econômico da Construção Civil no 1º semestre de 2024 e nova projeção de crescimento.** Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2024/07/desempenho-economico-cc-julho-2024-final.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

COLARES, Ana Carolina Vasconcelos; GOUVÊA, Diogo Augusto Pfau; COSTA, Joyce Souza. **Impactos da pandemia da COVID-19 no setor de construção civil.** Percurso Acadêmico, Belo Horizonte, v. 11, n. 21, p. 188-208, 2021.

CONFEA. CREA. **Código de ética profissional da engenharia, da agronomia, da geologia, da geografia e da meteorologia.** Diário Oficial da União. ano 2024, Disponível em: [https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/codigo\\_etica\\_profissional-versao-digital.pdf](https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/codigo_etica_profissional-versao-digital.pdf). Acesso em: 1 out. 2024.

GINGA, Clarence P.; ONGPENG, Jason Maximino C.; DALY, Ma. Klarrissa M.. **Circular Economy on Construction and Demolition Waste: a literature review on material recovery and production.** Materials, [S.L.], v. 13, n. 13, p. 2970-2988, 3 jul. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma13132970>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/13/2970>. Acesso em: 11 nov. 2024.

DO NASCIMENTO, José Lima; DE SOUSA PEREIRA, Maurício. **Implementação de metodologias sustentáveis na gestão de resíduos provenientes de canteiros de obras da Construção Civil. Implementation of sustainable methodologies in waste management from construction sites of the Civil Construction.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 62071-62086, 2021.

GONÇALVES, Gustavo Henrique Vital; CASTRO, Marcus Cesar Avzum Alves de; CASTRO, Marco Aurélio Soares de; SCHALCH, Valdir; LEITE, Wellington Cyro de Almeida; ROCHA, Leonardo Brian Gonçalves da; MARQUES NETO, José da Costa. **Proposição e análise de viabilidade econômica de cenários para o gerenciamento de resíduos da construção civil por meio de consórcios intermunicipais.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 28, n. , p. 1-12,

ago. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220220255>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/VvxZN-tfRwcbBmnTVmKTnBHR/?lang=pt#>. Acesso em: 10 nov. 2024.

GONÇALVES, Wagner Juneo de Souza; GONÇALVES, Orientador: Gabriel Pereira. **A sustentabilidade ambiental na construção civil geração de resíduos: Desafios e perspectivas para a redução dos impactos ambientais**. Revistaft, [S.L.], v. 28, n. 135, p. 85-136, 22 jun. 2024. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.12291485>. Disponível em: <https://zenodo.org/records/12291485>. Acesso em: 28 out. 2024.

GRANEVA, A.V.; LUSHIN, K.I.; PULYAEV, I.s.; KUDRYAVTSEVA, V.D.. **Circular economy in recycling concrete and reinforced concrete waste**. Nanotechnologies In Construction A Scientific Internet-Journal, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 50-58, 29 fev. 2024. CNT Nanostroitelstvo. <http://dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2024-16-1-50-58>. Disponível em: [https://nanobuild.ru/en\\_EN/journal/Nanobuild-1-2024/50-58.pdf](https://nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-1-2024/50-58.pdf). Acesso em: 11 nov. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Suplemento de Saneamento da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 out. 2024.

JACINTO, M.e.L.; CARVALHO, E.M.R. **Educação ambiental na construção civil: práticas de gestão de resíduos no canteiro de obras**. A Construção Civil: em uma perspectiva econômica, ambiental e social - Volume 2, [S.L.], p. 103-118, 2022. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/220508951>.

KPMG. KPMG. [S.l.]. KPMG, 2023. **Pesquisa Global da Construção Civil de 2023**. Disponível em: [https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/br/pdf/2023/10/2023GlobalConstructionSurvey-Brasil\\_vFinal.pdf](https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/br/pdf/2023/10/2023GlobalConstructionSurvey-Brasil_vFinal.pdf). Acesso em: 13 out. 2024.

MORAES, Renato Dias de. **Monitoramento ambiental em aterro sanitário industrial classe II, utilizando a fauna silvestre como indicador ecológico**. 2022. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/53756/1/DISSERTACAO%20MESTRADO%20-%20>

RENATO%20DIAS%20DE%20MORAES.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

NAGALLI, André. **Resíduos de construção civil: quantificação e gerenciamento**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

OLIVEIRA, Eduardo Alves de; FAGUNDES, Fabiano. **Estudo comparativo entre construção modular e construção convencional**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, [S.L.], v. 7, n. 1, 20 ago. 2024. AlfaUnipac. <http://dx.doi.org/10.61164/rnm.v7i1.2602>. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2602>. Acesso em: 10 nov. 2024.

OLIVEIRA, Fabriccio de Almeida; MAUÉS, Luiz Maurício Furtado; ROSA, Carolina Caldas Neves; SANTOS, Débora Gois; SEIXAS, Renato de Melo. **Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM**. Ambiente Construído, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 157-176, dez. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000400465>.

OLIVEIRA, L. J. C.; SOARES, M. C. B.; QUARESMA, W. M. G.; ADORNO, A. L. C. **Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil / Waste management: an analysis of the impacts of the generation of tailings in civil construction**. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 24447–24462, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-047. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9550>. Acesso em: 28 out. 2024.

OVERSTREET, Kaley. **Giving Demolished Building Materials a New Life through Recycling**. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com/943293/giving-demolished-building-materials-a-new-life-through-recycling>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PIAUÍ. Secretaria do Planejamento do Estado do Piauí. **Mapas Temáticos do Piauí 2022: territórios de desenvolvimento**. Teresina: SEPLAN, 2022. 54 p. Disponível em: [http://antigo.seplan.pi.gov.br/download/202203/SEP31\\_2d85423623.pdf](http://antigo.seplan.pi.gov.br/download/202203/SEP31_2d85423623.pdf). Acesso em: 20 maio 2025.

QUEIROZ, M. E. R. de; OLIVEIRA, J. M. de; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Boas práticas na redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifícios**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió.

Anais[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/436>. Acesso em: 2 out. 2021.

RODRIGUES, J.K.O. **Proposta de um guia de boas práticas para a gestão de resíduos da construção civil em municípios de pequeno e médio porte do estado do Ceará**. 2022. 138 f. Dissertação (Engenharia Civil / Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SANTOS, Raphael Lúcio Reis dos; RODRIGUES, Conrado de Souza; LEIVA, Guilherme de Castro; PEREIRA, Armando Belato. **Modelo de previsão da geração de resíduos de construção e demolição para cidades brasileiras de médio porte populacional**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 28, 31 jul. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220220060>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/BwXQwk478wb4XNHmQGs64kL/?lang=pt#>. Acesso em: 28 out. 2024.

SILVA, Guilherme Tavares de Melo; RIBEIRO, Carmen Couto; RIBEIRO, Sidnea Eliane Campos; OLIVEIRA, Danielle Meireles de; OLIVEIRA, Wesley Silva de; ALMEIDA, Marys Lene Braga. **Resíduos de construção e demolição em tecnologia de concreto: uma revisão**. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 6, n. 7, p. 46883-46896, jul. 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-357>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13210>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SILVA, J. O. .; MOURA, K. de S. .; MAQUINÉ, Érica da C. de O. .; OLIVEIRA, R. M. .; FIGUEIREDO, S. C. G. .; RIBAS, L. F. . **Agenda 21: estudo de caso de ações de reciclagem na cidade de manaus**. Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 4–25, 2021. Disponível em: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/48>. Acesso em: 22 out. 2024.

SILVA, Victor Augusto Azevedo Coelho; POZNYAKOV, Karolina. **Controlando os Impactos Ambientais e Sociais da Construção Civil Através de Medidas Mitigadoras**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 14, n. 14, p. 30-39, maio 2020. ISSN 2595-6531. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/421>. Acesso em: 10 nov. 2024.

TIMKLAY, Wauranittha. **A Book Review: Principle of Economics** (Asst. Prof. Tanpat Kraiwanit, Ph. D.). Advance Knowledge for Executives, v. 2, n. 3, p. 1-7, 2023.

TORRES, Levi. **70% do entulho no Brasil é descartado incorretamente**. In: ABRECON. ABRECON. [S.l.]. 3 jun. 2023. Disponível em: <https://abrecon.org.br/artigos/70-do-entulho-no-brasil-e-descartado-incorretamente>. Acesso em: 15 out. 2024.

UNESCO. **UNESCO**. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. [S.l.]. UNESCO, 2021. Engenharia para o desenvolvimento sustentável: resumo. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634_por). Acesso em: 15 out. 2024.

YILDIZ, Serkan; GÜNEŞ, Sinan; KIVRAK, Serkan. **Examining the Impact of Material Management Practices on Project Performance in the Construction Industry**. Buildings, [S.L.], v. 14, n. 7, p. 2076-2097, 7 jul. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings14072076>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/7/2076>. Acesso em: 10 nov. 2024.

## CAPÍTULO 12

### ENERGIA RENOVÁVEL, LIMPA E SUSTENTÁVEL COMO INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO: POTENCIAIS E PERSPECTIVAS NO ESTADO DO PIAUÍ

*RENEWABLE, CLEAN AND SUSTAINABLE ENERGY AS A DEVELOPMENT  
INSTRUMENT: POTENTIAL AND PROSPECTS IN THE STATE OF PIAUÍ*

**Ana Beatriz Andrade de Sousa**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8040-5069>

[anabeatrizcom32@gmail.com](mailto:anabeatrizcom32@gmail.com)

**Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8601-9580>

[mikaellecavalcante2003@gmail.com](mailto:mikaellecavalcante2003@gmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>

[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Ivonalda Brito de Almeida Morais**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1306-7568>

[ivonalda@yahoo.com.br](mailto:ivonalda@yahoo.com.br)

**Adrian de Oliveira Melo**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0003-4020-035->

[adrianoliveira117@gmail.com](mailto:adrianoliveira117@gmail.com)

**Chagas Vinicius de Matos Andrade Silva**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-5892-4524>  
[chagasvinicius04@gmail.com](mailto:chagasvinicius04@gmail.com)

**Shayanne Pereira Sampaio**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0001-0394-6227>  
[shayannesampaio43@gmail.com](mailto:shayannesampaio43@gmail.com)

**Dirceu do Nascimento Martins Júnior**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0009-8058-6702>  
[dirceum2014@gmail.com](mailto:dirceum2014@gmail.com)

**João Vinícius Silva Gomes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0006-1546-9284>  
[joaoviniiciusgomes355@gmail.com](mailto:joaoviniiciusgomes355@gmail.com)

**Wanderson Rocha Carvalho**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-5278-1329>  
[wanderson\\_vitoria2010@hotmail.com](mailto:wanderson_vitoria2010@hotmail.com)

**RESUMO**

O Estado do Piauí destaca-se como um importante protagonista na geração de energias limpas no Brasil e no mundo, devido às suas condições geográficas favoráveis, como alta incidência solar e ventos constantes, que o tornam ideal para o desenvolvimento de fontes de energia renovável e sustentável. Diante desse cenário, este estudo



teve como objetivo analisar os potenciais e as perspectivas do Piauí na produção de energias renováveis, com foco nas fontes solar, eólica e no hidrogênio verde. Não obstante a isso, observa-se questões cruciais como desenvolvimento econômico, social e ambiental da geração dessas fontes de energia no Piauí. Para tanto, a metodologia adotada foi de natureza básica e exploratória, fundamentada em uma revisão bibliográfica abrangente e no levantamento e análise de fontes teóricas, como artigos científicos e livros, bem como a implementação de políticas públicas e privadas. Os resultados evidenciam que o Piauí desponta do imenso potencial na geração de energia limpa, todavia sua consolidação como polo energético requer investimentos em infraestrutura, qualificação profissional e logística para que o desenvolvimento sustentável se concretize de forma efetiva.

**Palavras-Chave:** Piauí; Potencial; Matriz Energética; Energias Limpas; Desenvolvimento.

## ABSTRACT

The State of Piauí stands out as a key player in the generation of clean energy both in Brazil and worldwide, owing to its favorable geographical condition, high solar irradiance and consistent winds, which make it ideal for the development of renewable and sustainable energy sources. In this context, the objective of this study was to analyze Piauí's potentials and prospects in the production of renewable energies, with a focus on solar, wind, and green hydrogen. Moreover, the study addresses crucial economic, social, and environmental aspects related to the generation of these energy sources in Piauí. To that end, a basic and exploratory methodology was employed, grounded in a comprehensive bibliographic review and the survey and analysis of theoretical sources (scientific articles and books), as well as the examination of public and private policy implementations. The results demonstrate that Piauí possesses immense potential for clean energy generation; however, its consolidation as an energy hub will require investments in infrastructure, professional training, and logistics to ensure that sustainable development is effectively realized.

**Keywords:** Piauí; Potential; Energy Matrix; Clean Energy; Development

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente procura por métodos mais sustentáveis e eficientes de geração e armazenamento de energia tem ganhado destaque na sociedade brasileira, dada a urgente necessidade de transformação da matriz energética mundial. Tal mudança se faz essencial em função do elevado volume de emissões de gases nocivos provenientes da produção industrial e das impurezas que afetam a qualidade do ar e do clima (Moura; Júnior, 2022).

Destarte, existem dois tipos de energia na natureza atualmente: as renováveis e as não renováveis. Também chamadas de “energias limpas” ou até mesmo “energias sustentáveis”, as energias renováveis são aquelas que utilizam os recursos naturais que se renovam e estão disponíveis para uso do homem. Outrossim, as energias não renováveis são aquelas que fazem o uso de combustíveis fósseis como carvão mineral e petróleo, consequentemente sendo as que pregam grande impacto para o aquecimento global e para o efeito estufa (Marques et al., 2022 apud Araújo et al., 2022).

O Brasil se destaca como um dos países líderes em energia renovável, especialmente na geração hidrelétrica, que representa mais de 60% da sua matriz energética. Além disso, o país tem ampliado seus investimentos em outras fontes renováveis, como a energia eólica e solar, que têm apresentado um crescimento considerável nos últimos anos. De acordo com informações do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), mais de 90% da eletricidade consumida no Brasil é gerada a partir de fontes renováveis. O setor de biomassa também se mostra robusto no Brasil, com o bagaço de cana-de-açúcar sendo um dos principais exemplos de sua utilização. Apesar disso, o país ainda enfrenta obstáculos, como a urgência de investir em tecnologias de armazenamento de energia, como o hidrogênio verde, e na ampliação das fontes para reduzir a dependência das hidrelétricas em períodos de estiagem.

Dentro desse contexto, o hidrogênio verde emerge como uma alternativa de grande contribuição para a transformação da matriz energética do país. Produzido a partir da eletrólise da água, utilizando fontes renováveis como solar e eólica, vem sendo essencial no processo de descarbonização global e possui grande potencial para reduzir signifi-

cativamente gases poluentes e o aquecimento global, dado que libera apenas água em sua combustão. Além disso, o mesmo pode ser utilizado em inúmeras aplicações, desde o transporte até a indústria, oferecendo uma solução viável para setores que são mais difíceis de descarbonizar, como a produção de aço e produtos químicos (Zink, 2023).

No contexto brasileiro, o Piauí tem se tornado um importante protagonista no cenário nacional, emergindo como um dos principais centros de geração de energias limpas e renováveis, especialmente nas áreas de energia solar e eólica. Graças às suas condições geográficas favoráveis, como a alta incidência de radiação solar e ventos constantes, o Estado se destaca com grandes empreendimentos que desempenham um papel crucial na matriz energética brasileira.

Entre os exemplos notáveis está o Parque Solar de São Gonçalo do Gurguéia, reconhecido como um dos maiores da América Latina, que se localiza no Território da Chapada das Mangabeiras e, além deste, tem-se outros Territórios de Desenvolvimento do Estado que são essenciais para a produção de energia fotovoltaica no país, exemplificando como destaques os Territórios da Serra da Capivara, da Chapada do Vale do Itaim, dos Cocais e o Vale dos Rios Piauí e Itaueira. Esses projetos têm colocado o Piauí em evidência na produção de energia limpa, atraindo investimentos e criando oportunidades de emprego e renda para a população local.

Além das instalações solares, existem os Territórios da Planície Litorânea, de Tabuleiros do Alto Parnaíba, e, comumente, o da Chapada do Vale do Itaim e Serra da Capivara, que se destacam como um símbolo da geração de energia eólica no Estado, utilizando os ventos locais para produzir eletricidade sustentável. Atualmente, aponta-se que o Piauí possui mais de 150 parques eólicos e solares em funcionamento, consolidando sua posição de destaque no segmento de energias renováveis.

Logo, no cenário de expansão energética, o hidrogênio verde surge como uma alternativa promissora para o futuro do setor no Piauí. Com a abundância de fontes renováveis, como a solar e a eólica, o Estado apresenta grande potencial para a produção desse combustível limpo, que pode impulsionar ainda mais a descarbonização da matriz energética e atrair novos investimentos. A viabilidade da produção de

hidrogênio verde no Piauí poderia não apenas fortalecer o desenvolvimento sustentável local, mas também consolidar a região como um polo estratégico para essa tecnologia no Brasil.

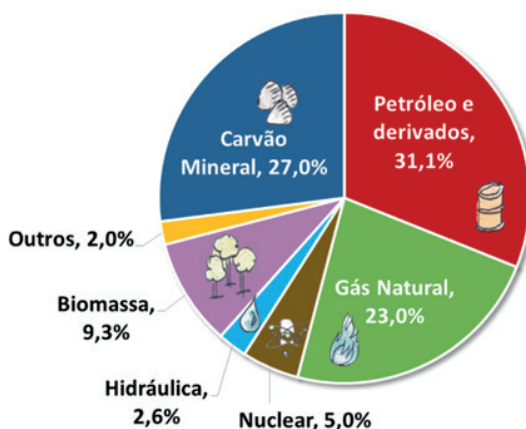
Diante desse panorama, o presente trabalho está organizado de forma didática e coerente, iniciando-se por esta introdução e desenvolvendo-se a partir de uma revisão bibliográfica, que serve como base teórica para a análise do problema investigado, das hipóteses formuladas e dos objetivos propostos, são apresentados de forma clara e serão perseguidos por meio de uma metodologia planejada estrategicamente, com foco na compreensão do tema e na avaliação das possibilidades de implementação do hidrogênio verde e energias limpas no contexto do Estado do Piauí.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA MUNDIAL

No mundo, a matriz energética é dada principalmente por combustíveis fósseis, como carvão mineral, gás natural e o petróleo e seus derivados, representando mais de 80% da matriz energética (EPE, 2022). Conforme mostra a Figura 01, nota-se a participação dos recursos na matriz mundial no ano de 2019 (IEA, 2022).

**Figura 01** - Matriz Energética Mundial 2019



Fonte: IEA, 2022.

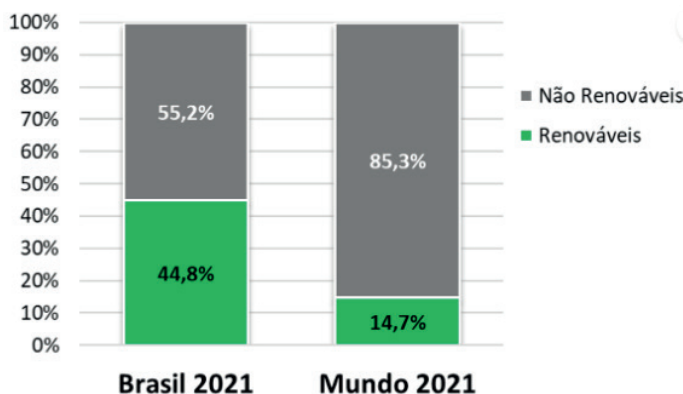
Historicamente, as economias globais dependeram de fontes de energias não renováveis, que são os maiores emissores de gases poluentes, tendo entre eles o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), principal gás de efeito estufa. Com a crescente conscientização sobre os riscos ambientais e sociais associados a esse modelo, a transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável tornou-se imperativa (IEA, 2022).

A Agência Internacional de Energia (IEA) indica que uma ampla mudança na matriz energética global é essencial para garantir as metas de redução de emissões de carbono e limitar o aumento da temperatura global a  $1,5^\circ\text{C}$ . A transição para energias renováveis, limpas e sustentáveis é considerada imprescindível para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, garantindo a segurança energética mundial. Esse compromisso faz parte do relatório “*Net Zero Emissions by 2050 Scenario*”, no qual a IEA esboça um plano de ação para alcançar zero emissões líquidas até 2050, adotando energias renováveis e inovações de baixo carbono para substituir os combustíveis fósseis.

Essa transição envolve o deslocamento do sistema energético atual, baseado em recursos finitos e poluentes, para um sistema mais diversificado, que prioriza as fontes renováveis, como solar, eólica, hidrogênio verde e outras tecnologias emergentes. Em termos globais, a Europa tem liderado a transição energética, com ambiciosas metas de descarbonização e investimentos maciços em energias renováveis (Góes, 2021).

Em âmbito nacional, a transição energética global oferta uma grande oportunidade, uma vez que o Brasil se destaca como um dos países com a matriz energética mais renovável do mundo, como mostra a Figura 02. Isso se deve à forte presença de hidrelétricas que respondem por grande parte da eletricidade gerada.

**Figura 02** - Consumo de energias provenientes de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no Mundo.



Fonte: EPE, 2024.

Entretanto, eventos climáticos extremos, como períodos de seca, têm mostrado vulnerabilidade e reforçado a importância de diversificar as fontes de energia (ANEEL, 2023). A expansão das fontes eólica, solar e o hidrogênio verde tem sido estratégica para manter a segurança energética e reduzir emissões de gases nocivos, com destaque para o crescimento desses setores em Regiões como o Nordeste, incluindo o Estado do Piauí. (EPE, 2023).

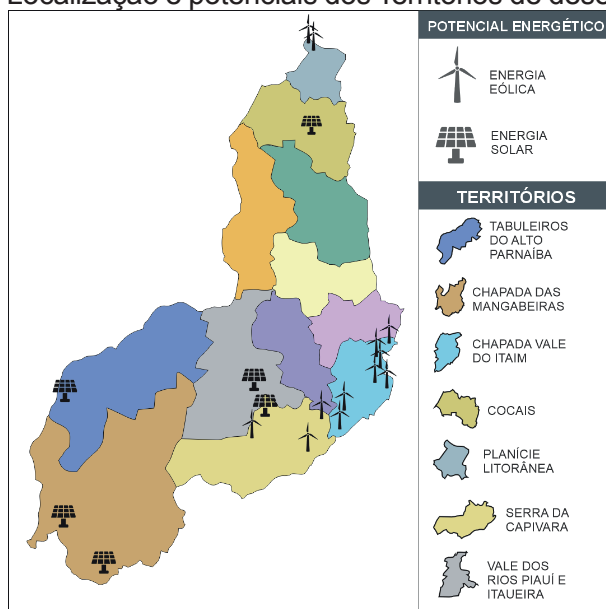
Em nível regional, o Piauí vem consolidando seu potencial, mostrando-se um importante polo de energias renováveis. Dos 12 (doze) Territórios de Desenvolvimento do Piauí, os Territórios Chapada do Vale do Itaim, Planície Litorânea, Serra da Capivara e Tabuleiros do Alto Parnaíba, por exemplo, possuem os principais parques eólicos do Estado, devido aos ventos constantes e adequados para essa fonte.

Já nos Território dos Cocais, Chapada da Mangabeira, Vale dos Rios Piauí e Itaueira e também a Serra da Capivara e Chapada do Vale do Itaim, localizam-se os principais parques de energia solar do Estado, favorecidos pela forte presença de raios solares, o que contribui para tal energia sustentável. Nesse contexto, a priori, percebe-se o Piauí com um potencial extraordinário, uma vez que, praticamente em toda a sua extensão territorial, têm-se bases de energias renováveis instaladas.

Essa expansão não só contribui para a sustentabilidade energética local, mas também fomenta o desenvolvimento econômico,

gerando empregos e renda para a região (ANEEL, 2023). A seguir, a Figura 03 demonstra a localização e potencial em cada território supracitado.

**Figura 03 - Localização e potenciais dos Territórios de desenvolvimento**



**Fonte:** Próprios autores, 2024.

## 2.2 Energias Limpas e Meio Ambiente

A crescente preocupação com as questões ambientais e as mudanças climáticas tem levado à busca por alternativas energéticas que minimizem os impactos negativos sobre o meio ambiente. Neste contexto, as energias limpas emergem como uma solução viável e sustentável, alinhando-se aos princípios do ambientalismo (REN21, 2023).

As energias limpas, como solar, eólica, hidrelétrica e o emergente hidrogênio verde, são vistas como essenciais para atingir as metas climáticas globais, como aquelas estabelecidas no Acordo de Paris (IEA, 2022). Além de não emitirem gases de efeito estufa durante sua operação, essas fontes energéticas possuem vantagens de serem renováveis e diversificarem a matriz energética, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e baseiam-se em recursos que

não se esgotam com o uso. O uso dessas fontes energéticas está em consonância com o princípio de desenvolvimento sustentável, que busca equilibrar o crescimento econômico com a proteção ambiental e a inclusão social.

Dessa forma, o crescimento das energias limpas está relacionado ao avanço do movimento que, por sua vez, nasceu como uma resposta à degradação ambiental provocada pelas atividades humanas, como a exploração indiscriminada de recursos naturais, a poluição industrial e a emissão de gases de efeito estufa. À medida que os impactos das mudanças climáticas se tornaram mais visíveis, as demandas por alternativas energéticas que reduzam a pegada ecológica aumentaram, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias renováveis.

### 2.2.1 Energia eólica

A energia eólica destaca-se como uma das fontes renováveis mais promissoras e de rápido desenvolvimento no cenário mundial. Seu princípio de funcionamento baseia-se na conversão da energia cinética dos ventos em eletricidade, através dos aerogeradores que capturam o movimento do ar (CNN, 2023). O avanço dessa tecnologia nos últimos anos tem permitido que a energia eólica se torne cada vez mais competitiva, superando, em muitas regiões, os custos das fontes convencionais de energia, como o carvão e o gás natural.

Atualmente, a energia eólica pode ser categorizada de acordo com o local de instalação, o tipo de aerogerador utilizado e comumente a forma de conexão à rede elétrica. Dessa forma, os dois principais tipos são:

- a. *Onshore* (em terra);
- b. *Offshore* (no mar).

Como visto, a principal diferença entre elas está no local em que as turbinas serão instaladas, sendo no mar ou em terra firme. A base tecnológica de energia eólica contribui significativamente para o desenvolvimento social e econômico dos locais onde os parques eólicos são instalados, conforme afirma Gannoum (2020):

No que se refere ao IDHM e PIB Municipal, os municípios que têm parques eólicos tiveram uma performance



20,19% e 21,15% melhor, respectivamente, para estes dois indicadores. Este é um resultado que mostra que não há dúvidas: a energia eólica chega e seus efeitos positivos multiplicadores impactam nos indicadores do município.

Globalmente, a energia eólica já desempenha um papel significativo na matriz energética de diversos países. Na Europa, especialmente, a energia eólica *offshore*, a que utiliza turbinas instaladas no mar, tem se mostrado uma alternativa viável para ampliar a geração de eletricidade de forma sustentável.

No Brasil, o crescimento da energia eólica tem sido notável, especialmente no Nordeste, onde as condições climáticas são extremamente favoráveis, com ventos fortes e constantes ao longo do ano.

No Piauí, o potencial eólico é enorme, e o Estado tem se tornado um dos protagonistas na produção de energia eólica no Brasil e do mundo. A combinação de vastas áreas com baixo uso econômico, ventos constantes e políticas públicas favoráveis à instalação de parques eólicos tem atraído investimentos nacionais e internacionais. Além disso, a energia eólica apresenta baixíssimo impacto ambiental em comparação com outras formas de geração, pois não emite poluentes atmosféricos ou resíduos tóxicos. Atualmente, o Piauí é sede do maior complexo eólico da América do Sul, o parque Lagoa dos Ventos, que engloba os municípios de Lagoa do Barro, Queimada Nova e Dom Inocêncio. Pela quantidade e qualidade de ventos nessa região, tem-se potencializado a produção de energia sustentável, e também fomentado o desenvolvimento econômico local, como ilustrado nas Figuras 04 e 05.

**Figura 04** - Parque eólico Lagoa dos Ventos



**Fonte:** Portal Cidade Modelo, 2014.

**Figura 05** - Parque eólico Lagoa dos Ventos



**Fonte:** Enel Green Power, 2021.

No entanto, o custo inicial de implantação de parques eólicos ainda é elevado, e a infraestrutura de transmissão precisa ser ampliada para garantir que a energia gerada nas áreas com maior potencial, muitas vezes remotas, chegue aos grandes centros de consumo. Outro ponto a ser considerado são os impactos sobre a fauna local, especialmente aves e morcegos, que podem ser afetados pelas turbinas, exigindo estudos de impacto ambiental.

### 2.2.2 Energia solar

A energia solar tem se consolidado como uma das tecnologias mais promissoras para a geração de energias ditas limpas, renováveis e sustentáveis. Segundo Santos et al. (2020), o princípio de funcionamento da energia solar fotovoltaica baseia-se na conversão da luz solar em eletricidade, por meio de células fotovoltaicas, na qual a energia é captada e transformada em corrente contínua e o inversor, por sua vez, transforma-a em corrente alternada, que é a energia utilizada em residências. Essas células, quando expostas à luz, geram correntes elétricas que podem ser utilizadas para alimentar sistemas elétricos residenciais, industriais e comerciais.

Desse modo, o sol é uma fonte de energia renovável abundante na natureza, e o potencial para a geração de eletricidade a partir da energia solar é imenso, especialmente no Brasil, onde a incidência solar diária varia entre 4500 a 6300 W/m<sup>2</sup> (watts por metro quadrado), segundo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A Região Nordeste do Brasil, em particular, é privilegiada, com níveis de irradiação solar entre os mais elevados do mundo. O Estado do Piauí tem se destacado como um dos maiores polos de desenvolvimento de energia solar no País, atraindo investimentos para grandes projetos de usinas solares. Destarte, uma das maiores usinas da América Latina está localizada no Estado do Piauí, sendo o parque de São Gonçalo do Gurguéia, uma usina gerando em torno de 608MW (megawatts), concomitantemente a isso, o Complexo Solar Marangatu situado no município de Brasileira com uma geração de energia em torno de 446MW, como mostram as figuras 06 e 07. Por isso, pode-se afirmar

que é o Estado em que o governo mais investiu no fornecimento de energia limpa, segundo a Secretaria de Planejamento do Piauí (2023).

**Figura 06** - Parque de energia solar de São Gonçalo do Gurguéia.



Fonte: 180 graus, 2018.

**Figura 07** - Complexo solar Marangatu, no município de Brasileira



Fonte: Governo do Piauí, 2024.

Entre as vantagens da energia solar está sua capacidade de ser implantada de forma descentralizada, permitindo que tanto grandes projetos industriais quanto pequenos consumidores possam gerar sua própria eletricidade. Isso traz benefícios econômicos, como a redução da dependência das concessionárias de energia, e também ambientais, uma vez que não há emissão de gases de efeito estufa na operação dos sistemas solares.

Além disso, os avanços tecnológicos, as inovações e a redução dos custos dos equipamentos tornaram a energia solar uma opção cada vez mais viável, tanto para grandes empreendimentos quanto para sistemas de geração distribuída. No entanto, a energia solar apresenta desafios, como sua intermitência, a qual é causada pela variação na intensidade da luz solar ao longo do dia e das estações, o que exige soluções complementares, como o uso de baterias para o armazenamento de energia ou a combinação com outras fontes renováveis.

### 2.2.3 Hidrogênio verde

O hidrogênio verde tem emergido como um dos maiores potenciais para a descarbonização da economia global. De acordo com Castro e Câmara (2020), uma das maneiras mais amplamente utilizadas para produzir hidrogênio verde é por meio da eletrólise da água, fazendo uso da eletricidade proveniente de fontes renováveis, como a ener-

gia solar ou eólica. Esse processo resulta em um combustível limpo, cujas únicas emissões durante o uso são vapores de água, tornando-o uma alternativa extremamente atrativa para substituir os combustíveis fósseis em diversas indústrias, como afirma Jens-Peter Zink (2023):

[...] O hidrogênio verde emergiu como uma força motriz importante. O hidrogênio verde pode ser usado como um transportador de energia ou ser processado em combustíveis [...] oferecendo uma solução eficaz para mitigar as emissões de carbono em setores como aviação, aço, transporte marítimo e plásticos.

Segundo Câmara et al. (2020), para reduzir as emissões de gases gerados pela produção industrial, nota-se a crescente busca por métodos de armazenamento e distribuição de energias que sejam sustentáveis e eficazes. Dessa forma, o hidrogênio verde manifesta-se como uma alternativa a ser considerada devido ao seu processo de produção livre de gases poluentes e sua versatilidade. Igualmente, os setores de difícil descarbonização, como o transporte marítimo e aéreo e a indústria siderúrgica, identificam, também no hidrogênio verde, uma alternativa promissora para reduzir suas emissões de gás carbonico. Além disso, o hidrogênio pode ser armazenado e transportado de forma eficiente, permitindo que seja utilizado como uma forma de armazenar energia renovável e lidar com a intermitência das fontes eólicas e solares.

O Brasil, com seu grande potencial de geração de energia renovável, possui condições favoráveis para se tornar um líder na produção de hidrogênio verde (Fernandes et al., 2023). Apesar de cerca de 93% de sua matriz energética ser composta por fontes renováveis, o Brasil possui ainda grande capacidade de expandir essas fontes (Ministério de Minas e Energia, 2024). Todavia, para que o hidrogênio verde se torne mais competitivo, é crucial reduzir os custos das fontes renováveis, considerando que o país possui uma das tarifas de energia mais altas (Camargo, 2022).

A Região Nordeste, em particular, com sua abundância de recursos solares e eólicos, oferece um ambiente ideal para a instalação de plantas de eletrólise em larga escala, as quais poderiam abastecer

tanto o mercado doméstico quanto internacional. No Estado do Piauí, essa oportunidade se alinha com as iniciativas de diversificação da matriz energética e de desenvolvimento sustentável da região.

Entretanto, para que o hidrogênio verde se consolide como uma alternativa viável, será necessária a redução dos custos de produção, que ainda são elevados devido ao processo de eletrólise e à necessidade de grandes quantidades de eletricidade. Além disso, devido à alta volatilidade e inflamabilidade do hidrogênio, a infraestrutura necessária para o transporte e armazenamento do hidrogênio em larga escala ainda está em desenvolvimento (Bezerra, 2021 apud Cremasco, 2022).

Sendo assim, políticas públicas e investimentos em pesquisa e inovação serão essenciais para superar esses obstáculos e tornar o hidrogênio verde uma realidade econômica e ambientalmente viável.

## **2.3 PIAUÍ INSERIDO NO CENÁRIO DE ENERGIAS LIMPAS**

O Estado do Piauí se consolidou como importante protagonista na transição energética do Brasil, especialmente no campo das energias renováveis, como o sol e o vento. Segundo Silva (2021), o Nordeste do Brasil, com foco no Piauí, consolidou-se como uma das principais regiões produtoras de energia limpa do país, contribuindo significativamente para a transição energética global. Elementos como a localização geográfica, as condições climáticas favoráveis e as características socioeconômicas específicas tornam o país uma plataforma atrativa para investimentos em tecnologias verdes.

### **2.3.1 Características sociais e econômicas do Piauí**

Atualmente, o Produto Interno Bruto (PIB) do Piauí é estimado em aproximadamente R\$ 72,835 bilhões, resultados da pesquisa sobre as Contas Regionais do Piauí foram obtidos em colaboração com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Secretaria de Estado do Planejamento do Piauí (SEPLAN), através da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais e Planejamento Participativo (CEPRO), e referem-se ao ano de 2022. Na análise histórica do

PIB real acumulado entre 2002 e 2022, o Piauí registra o quarto maior crescimento do PIB no Brasil, atingindo 105,4%, o que representa uma média anual de aumento de 3,7%.

Como resultado, a participação do Piauí no PIB nacional também cresceu, passando de 0,5% em 2002 para 0,7% em 2022, o que fez com que o Estado melhorasse sua classificação, subindo da 23ª posição em 2002 para a 21ª em 2022. A economia do Estado baseia-se na agricultura, pecuária e serviços comunitários, o que limita o desenvolvimento econômico mais amplo. De qualquer forma, o surgimento das energias renováveis provoca uma mudança neste panorama. Foram feitos investimentos substanciais para criar parques solares e eólicos, criando novas oportunidades de emprego e melhorando as condições econômicas da população.

Conforme Costa (2020), os projetos de energias renováveis contribuem para a diversificação da matriz energética do Piauí e para a abertura de novas perspectivas econômicas e sociais, especialmente nas regiões menos favorecidas. Estas iniciativas oferecem a oportunidade de modernizar locais isolados, promovendo a formação técnica e a introdução de tecnologias avançadas, contribuindo, assim, para a redução das disparidades regionais. Além disso, a expansão deste setor gera efeitos diretos no mercado de trabalho, como abertura de empregos tanto na fase de construção como no funcionamento das fábricas.

### **2.3.2 Caracterização de localização, clima, vegetação e biodiversidade do Piauí**

O Piauí, localizado na Região Nordeste do Brasil, faz fronteira com os Estados do Maranhão, Ceará, Bahia e Pernambuco e possui uma pequena faixa costeira no oceano Atlântico. Essa localização privilegiada e a variedade de características ambientais fazem do Estado um local ideal para o desenvolvimento de energias renováveis. Conforme Andrade (2019, p. 89), “as condições climáticas do Piauí, como a alta radiação solar e os ventos constantes no litoral, fazem do Estado um dos mais promissores para o desenvolvimento de energias renováveis no Brasil”.

O clima semiárido, caracterizado por elevados índices de radiação solar durante todo o ano, favorece a instalação de grandes usinas solares. Da mesma forma, a faixa costeira, com ventos constantes e intensos, é muito propensa à criação de parques eólicos, posicionando o Piauí estrategicamente no cenário energético nacional. A vegetação dominante na região é a caatinga, bioma exclusivo do Nordeste, que possui uma biodiversidade adaptada às condições áridas. Há também áreas de cerrado, principalmente no Sul do Estado. Embora estas regiões tenham uma rica biodiversidade, são vulneráveis à degradação, como a desflorestação e a desertificação, tornando importante que a expansão dos projectos energéticos seja feita de forma responsável. Lima e Freitas (2020) defendem que, mesmo que a energia renovável seja menos poluente do que a tradicional fontes, o impacto sobre a biodiversidade, especialmente em biomas sensíveis como a caatinga, deve ser gerido cuidadosamente.

### 2.3.3 Bases de energias limpas instaladas no Piauí

No Piauí, dos doze Territórios que compõem o Estado, sete têm se destacado na produção de energias limpas, especialmente solar e eólica. Dentre eles estão:

- a. Chapada das Mangabeiras: Situada na parte extrema sul do Estado, essa área engloba municípios como São Gonçalo do Gurguéia e Parnaguá, onde se encontra o Parque Solar de São Gonçalo, administrado pela Enel Green Power. Este Parque é um dos mais significativos da América do Sul, possuindo mais de 2 milhões de painéis solares e uma capacidade anual de geração superior a 1.500 GWh. Essa infraestrutura coloca o Piauí em uma posição destacada na produção de energia solar no Brasil, ao mesmo tempo que promove o desenvolvimento em uma região de clima semiárido e recursos escassos;
- b. Chapada do Vale do Itaim: Esse local se destaca como um excelente ponto para a geração de energia eólica e solar, graças ao seu clima árido e ao relevo que favorece essas atividades. Cidades como Marcolândia e Caldeirão Grande do Piauí são sede do Complexo Eólico Chapada do Piauí, que contribui de maneira



significativa para a produção de energia limpa no Estado. A produção de energia eólica na área impulsiona o desenvolvimento de uma economia sustentável, atraindo investimentos e criando empregos diretos e indiretos nas comunidades locais;

- c. Cocais: Localizado na Região Norte do Piauí, está avançando significativamente no setor de energia solar, destacando-se pelo uso de sua alta radiação solar para projetos de geração fotovoltaica. Um exemplo notável é o Parque Solar Marangatu, que está implantado no município de Brasileira. Esse complexo, desenvolvido em parceria pela SPIC Brasil e Recurrent Energy, é um dos maiores investimentos em energia solar da região, com capacidade de 446 MWp. Esse potencial é suficiente para abastecer cerca de 550 mil residências ao ano, evidenciando o impacto do projeto na transição energética do Estado;
- d. Planície Litorânea: A localização privilegiada próximo ao litoral, aliada às suas características geográficas, transforma a Planície Litorânea em uma área promissora para a exploração da energia eólica, destacando-se em cidades como Parnaíba e Ilha Grande. Os ventos constantes que sopram do oceano Atlântico fazem dessa região um local ideal para a instalação de parques eólicos. A região também se beneficia com o fortalecimento do turismo sustentável e melhorias na infraestrutura. Um destaque importante é a construção do Porto de Luís Correia, que, por sua localização estratégica, pode melhorar a logística, facilitar o escoamento da produção e estimular o comércio e novos empreendimentos, impulsionando o desenvolvimento sustentável da área;
- e. Serra da Capivara: Conhecido por sua importância arqueológica, também é um polo de iniciativas em energia renovável. Municípios como Lagoa do Barro do Piauí e Queimada Nova se sobressaem com o Complexo Eólico Lagoa dos Ventos, um dos maiores empreendimentos desse tipo no Brasil. Com 230 aerogeradores, o complexo tem a capacidade de produzir mais de 3,3 TWh anualmente e utiliza tecnologias avançadas para



garantir segurança e eficiência operacional, evidenciando o compromisso do Piauí com práticas sustentáveis e inovações.

- f. Tabuleiros do Alto Parnaíba: Historicamente voltada para a agricultura, essa área está agora abrindo portas para a energia solar, especialmente no município de Ribeiro Gonçalves. A combinação de um solo plano e a intensa incidência solar cria um ambiente ideal para a instalação de usinas solares, que acrescentam valor à economia local e contribuem para a diversificação das atividades produtivas;
- g. Vale dos Rios Piauí e Itaueira: Nessa região, que abriga municípios como o de Ribeira do Piauí, está surgindo um potencial promissor para a energia solar. A elevada irradiância solar, aliada a projetos novos de infraestrutura, demonstra o crescente interesse na geração de energia renovável, gerando novas oportunidades econômicas e promovendo o desenvolvimento da comunidade local.

Ferreira (2021) observa que os projetos de energia solar e eólica no Piauí não apenas diversificam a matriz energética brasileira, mas também promovem o desenvolvimento socioeconômico em regiões menos favorecidas. Cada território e municípios mencionados possuem características que o tornaram propício para o desenvolvimento de iniciativas em energia limpa, o que beneficia tanto a economia local quanto a diversificação da matriz energética nacional. Abaixo, o Quadro 01 resume o potencial dos principais municípios mencionados.

**Quadro 01** - Potenciais de municípios do Piauí para energias limpas por Território

| Território               | Município                 | Potencial |
|--------------------------|---------------------------|-----------|
| Chapada das Mangabeiras  | São Gonçalo do Gurguéia   | Solar     |
|                          | Parnaguá                  | Solar     |
| Chapada do Vale do Itaim | Marcolândia               | Eólica    |
|                          | Caldeirão Grande do Piauí | Eólica    |
|                          | Betânia                   | Eólica    |
|                          | Curral Novo do Piauí      | Eólica    |
|                          | Queimada Nova             | Eólica    |
|                          | Simões                    | Eólica    |
|                          | Paulistana                | Eólica    |

|                                |                         |        |
|--------------------------------|-------------------------|--------|
| Cocais                         | Brasileira              | Solar  |
| Planície Litorânea             | Ilha Grande             | Eólica |
|                                | Parnaíba                | Eólica |
| Serra da Capivara              | São João do Piauí       | Solar  |
|                                | Lagoa do Barro do Piauí | Eólica |
|                                | Dom Inocêncio           | Eólica |
|                                | João Costa              | Eólica |
| Tabuleiros do Alto Parnaíba    | Ribeiro Gonçalves       | Solar  |
| Vale dos Rios Piauí e Itaueira | Ribeira do Piauí        | Solar  |

**Fonte:** Próprios autores, 2024.

## 2.4 Transições Ambientais, Sociais e Econômicas de Novas Matrizes Energéticas

A adoção de novas matrizes energéticas, como solar e eólica, está provocando uma série de transformações em nível global e nacional. Essa transição energética é uma resposta aos desafios das mudanças climáticas e à necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis, que são os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa. Segundo Almeida (2021), a expansão das energias renováveis no Brasil representa uma transformação estrutural no setor energético, com profundas implicações ambientais, sociais e econômicas.

Nesse contexto, o hidrogênio verde destaca-se como uma peça-chave para a consolidação de uma matriz energética sustentável e diversificada. Produzido a partir de fontes renováveis, como a solar e a eólica, esse recurso tem o potencial de revolucionar setores como transporte, indústria e armazenamento energético. No Piauí, seu desenvolvimento ganha ainda mais relevância devido ao enorme potencial do Estado para geração de energia renovável. Além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, o Piauí desponta como um dos principais candidatos para a produção de hidrogênio verde no Brasil, atraindo investimentos, gerando empregos e posicionando-se como um protagonista no mercado global de energias limpas, fortalecendo a economia e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

### 2.4.1 Transições ambientais

A transição para energias renováveis gera impactos ambientais positivos, reduzindo a dependência de fontes poluentes, como termelétricas a carvão e gás natural. Além disso, a instalação de parques eólicos e solares em áreas previamente degradadas pode ajudar a restaurar o meio ambiente e mitigar os efeitos da desertificação. No entanto, é importante considerar o impacto que grandes infraestruturas podem ter sobre a biodiversidade local. Ribeiro (2020) enfatiza que, apesar de as energias renováveis serem ambientalmente vantajosas, é necessário equilibrar seus efeitos com a preservação da biodiversidade.

### 2.4.2 Transições sociais

As novas matrizes energéticas também trazem impactos sociais significativos, como a criação de empregos, capacitação da mão de obra local e dinamização da economia em áreas rurais. A introdução de tecnologias avançadas pode elevar o padrão de vida das comunidades e promover a inclusão social. Costa (2021) argumenta que as energias renováveis têm o potencial de atuar como um catalisador para o desenvolvimento social em regiões rurais, desde que sejam implementadas políticas que garantam a inclusão.

### 2.4.3 Transições econômicas

Economicamente, o Piauí está passando por uma transformação estrutural com a expansão das energias renováveis. O Estado está se tornando atraente para investidores internacionais que desejam explorar seu vasto potencial solar e eólico. Lima (2023) observa que a chegada de capital estrangeiro para o setor de energias renováveis está reformulando a economia do Piauí, tornando-a mais diversificada e sustentável. Além disso, as energias renováveis podem impulsionar melhorias na infraestrutura local, incluindo transporte, educação e saúde, contribuindo, assim, para o desenvolvimento socioeconômico.

Em resumo, a transição energética no Piauí está alinhada com as tendências globais de sustentabilidade e inovação tecnológica, promovendo mudanças profundas em níveis ambiental, social e econômico, e posicionando o Estado como um ator relevante no cenário energético brasileiro e mundial.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

A metodologia deste estudo caracteriza-se por uma abordagem qualitativa, de natureza básica, com objetivos exploratórios e procedimentos bibliográficos. A opção por uma abordagem qualitativa permite uma compreensão profunda e interpretativa das particularidades das energias renováveis no contexto do Estado do Piauí, favorecendo a análise do potencial e das perspectivas para o desenvolvimento sustentável na região. Este enfoque qualitativo facilita a pesquisa dos significados, percepções e implicações sociais, econômicas e ambientais do uso de fontes de energia limpa e sustentável como instrumento de desenvolvimento local.

Por ser de natureza básica, o estudo visa expandir o conhecimento teórico sobre o papel das energias renováveis no desenvolvimento regional, sem a intenção direta de aplicação prática imediata. Os objetivos exploratórios buscam levantar informações sobre o fenômeno em questão, identificando relações, padrões e oportunidades específicos para a realidade do Piauí, contribuindo para um maior entendimento das oportunidades e desafios locais no contexto da sustentabilidade energética.

Os procedimentos adotados foram essencialmente bibliográficos, incluindo o levantamento e análise de fontes teóricas e empíricas, como artigos científicos, livros e relatórios técnicos oficiais sobre energias renováveis, desenvolvimento sustentável e estudos específicos sobre o Piauí, bem como ações de políticas públicas e privadas já implementadas. Essa abordagem permitiu construir uma base sólida para o referencial teórico, fundamentando a análise dos benefícios e

limitações das energias limpas para o desenvolvimento no Estado e possibilitando a identificação de lacunas e direções para futuras investigações sobre o tema.

### 3.2 Resultados e Discussão

Os resultados deste estudo apontam o crescimento e o potencial das energias limpas no Estado do Piauí, com destaque para as energias solar, eólica e, mais recentemente, o hidrogênio verde ( $H_2V$ ). O Estado tem recebido investimentos significativos no setor, reforçando sua posição como principal polo de energia limpa do Brasil e do mundo, como afirma o Governador do Estado, Rafael Fonteles (2025):

[...] O Nordeste brasileiro, especialmente o Piauí, é hoje o melhor lugar do mundo para quem busca oportunidades em energias renováveis, agroindústria e turismo ecológico. [...] Nosso Estado produz dez vezes mais energia do que consome, e 99,75% da nossa matriz elétrica é limpa. Isso nos posiciona na vanguarda da transição energética global.

Em vista disso, o Estado do Piauí ocupa atualmente a primeira posição no Brasil em participação de energias limpas na matriz elétrica, conforme dados da Secretaria de Planejamento do Estado (SEPLAN). Esse desempenho expressivo evidencia o protagonismo do Piauí na transição energética e o consolida como uma referência mundial em desenvolvimento sustentável. A combinação de políticas públicas eficazes, condições geográficas favoráveis e grandes empreendimentos — como o Complexo de Energia Solar de São Gonçalo do Gurguéia, com capacidade instalada de 864 megawatts (MW), e o Parque Eólico de Lagoa dos Ventos, com capacidade de 1063 megawatts (MW) — fortalece ainda mais esse cenário, uma vez que evita, em média, a emissão de aproximadamente 1,5 milhões de toneladas de  $CO_2$  por ano (SEPLAN, 2025).

Dessa forma, o Piauí não apenas contribui para a segurança energética do país, como também se posiciona estrategicamente no

debate global sobre energia limpa e combate às mudanças climáticas (SEPLAN, 2024).

Um dos marcos mais expressivos na consolidação do Piauí como uma referência em energia limpa no cenário nacional e internacional foi a autorização, em abril de 2025, para a implantação de um dos maiores projetos de hidrogênio verde do mundo, perdendo apenas para o complexo NEON, que está sendo desenvolvido na Arábia Saudita (Baraban, 2024).

No Piauí, o empreendimento, liderado pela empresa espanhola Solatio, visa à produção de hidrogênio verde em larga escala, com aplicação tanto no mercado interno quanto para exportação, contando com o Porto de Luís Correia como infraestrutura estratégica para o escoamento da energia, assim trazendo um investimento de aproximadamente R\$ 27 bilhões que será instalado na Zona de Processamento de Exportação (ZPE) de Parnaíba (SEPLAN, 2023).

Com capacidade de geração estimada em 3 GW a partir de fontes renováveis, o projeto utilizará tecnologia de eletrólise da água, abastecida por usinas solares e eólicas instaladas no território piauiense — com destaque para a energia solar que será gerada por um parque fotovoltaico de 4 GW a ser implantado no município de Bom Princípio do Piauí.

Além de seu impacto ambiental positivo, por ser livre de emissões de dióxido de carbono, o empreendimento apresenta grande relevância socioeconômica, com previsão de geração de aproximadamente 2.700 empregos diretos e indiretos (Neves, 2025). A iniciativa também impulsiona a cadeia produtiva local e estimula a capacitação da mão de obra, contribuindo significativamente para o fortalecimento da economia verde do Estado.

O projeto está alinhado com a Missão 5 do Programa Nova Indústria Brasil (NIB), que incentiva a bioeconomia, a descarbonização e a segurança energética, consolidando o Piauí como referência na transição energética global (SEPLAN, 2024). Este investimento corroborante às usinas fotovoltaicas e parques eólicos, inserem o Piauí de forma decisiva no mapa global da transição energética, consolidando sua posição como polo emergente na produção de energia e combustíveis limpos e sustentáveis.

Por outro viés, embora o Estado do Piauí se destaque no cenário nacional como polo estratégico para a produção de energias limpas, a expansão acelerada dos empreendimentos voltados à geração de energia solar, eólica e, mais recentemente, hidrogênio verde ( $H_2V$ ) demanda uma análise crítica quanto aos impactos socioambientais, limitações operacionais e à viabilidade técnico-econômica dessas iniciativas.

Do ponto de vista ambiental, tanto a energia solar quanto a eólica apresentam baixo impacto em termos de emissão de dióxido de carbono. No entanto, sua implantação exige vastas áreas de solo, contribuindo para o desmatamento e a fragmentação de ecossistemas, sobretudo em regiões de transição. Parques Eólicos, como Lagoa dos Ventos, Ventos do Araripe, Delta do Parnaíba (envolvendo os municípios de Lagoa do Barros, Dom Inocêncio, Queimada Nova, Marcolândia e Parnaíba) e os Parques Solares, como São Gonçalo do Gurguéia, Marangatu, Nova Olinda (abrangendo os municípios de Brasileira, São João do Piauí, Ribeira e São Gonçalo do Gurguéia), ocupam milhares de hectares, com impactos diretos sobre a paisagem, a fauna e a flora.

A produção de hidrogênio verde ( $H_2V$ ), por sua vez, representa um avanço estratégico na diversificação da matriz energética, mas acarreta desafios ainda mais complexos. Além da infraestrutura necessária, o processo depende da eletrólise da água — tecnologia que, embora limpa, demanda grandes volumes de água de qualidade. No caso da planta industrial da empresa Solatio, prevista para a Zona de Processamento de Exportação (ZPE) de Parnaíba, a previsão de consumo é de 91,2 milhões de litros de água por dia, volume suficiente para abastecer 4,8 vezes a população da cidade de Parnaíba diariamente (Neves, 2025). Contudo, segundo Solatio (2025):

Nossa planta vai consumir 1055 litros de água por segundo, o que representa apenas 0,15% da capacidade do rio. Apesar de ser maior que o consumo atual da cidade, esse volume não prejudica a segurança no abastecimento de Parnaíba nem a saúde do Rio Parnaíba.

Esses dados indicam que o consumo hídrico do  $H_2V$ , apesar de elevado, pode ser tecnicamente viável sem causar grandes prejuízos à disponibilidade hídrica regional, desde que haja gestão eficiente.

Embora o Piauí produza dez vezes mais energia do que consome, com uma matriz elétrica 99,75% limpa, a expansão acelerada de empreendimentos voltados à geração de energia solar, eólica e hidrogênio verde ( $H_2V$ ) impõe desafios significativos à infraestrutura de escoamento e distribuição. A usina de hidrogênio verde da Solatio, por exemplo, consumirá cerca de 3 gigawatts (GW) de energia, quase metade da capacidade total de geração do Estado. Para atender a essa demanda, o governo estadual está promovendo a ocupação de municípios da Planície Litorânea com projetos de energia eólica e solar. No entanto, essa expansão rápida pode sobrecarregar a infraestrutura existente, especialmente as linhas de transmissão, exigindo reforços estruturais significativos. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) alertou para o risco de sobrecarga na rede elétrica, caso os projetos sejam implementados sem os devidos investimentos em infraestrutura.

Além dos desafios ambientais e estruturais, é necessário considerar os custos elevados associados à implantação das energias limpas, especialmente no caso do hidrogênio verde ( $H_2V$ ). A produção dessa fonte energética exige investimentos bilionários em tecnologia, infraestrutura elétrica e sistemas de captação e purificação da água. Um exemplo é o próprio projeto da empresa Solatio, que prevê um investimento de R\$ 27 bilhões na instalação de sua planta industrial na Zona de Processamento de Exportação (ZPE) de Parnaíba. Esse custo elevado pode limitar a participação de empresas locais e exigir parcerias público-privadas robustas para viabilização do projeto.

É prudente ressaltar a necessidade de atrelar os projetos em execução ao desafio de funcionalidade e operacionalização do Porto de Luís Correia, o qual, apesar dos recentes investimentos, ainda carece de terminais plenamente operacionais e infraestrutura específica para cargas complexas como é o caso do  $H_2V$ .

Por fim, a implantação de grandes projetos de energia limpa, como parques solares, eólicos e usinas de hidrogênio verde ( $H_2V$ ), tem causado impactos profundos na vida de muitas famílias que vivem



nas regiões afetadas. Comunidades tradicionais estão sendo diretamente prejudicadas, com perda de acesso a territórios anteriormente utilizados para pesca, agricultura de subsistência e coleta de frutos nativos. Em Parnaíba-PI, moradores relatam o aterramento de lagoas e a limitação da circulação em áreas antes públicas, além de impactos negativos, associados à instalação de torres eólicas em áreas de rota migratória ou habitat natural, o que contribui para a mortalidade de aves, que colidem com as pás em movimento. A poluição sonora gerada pelos aerogeradores também pode afetar a fauna silvestre local e comprometer a qualidade de vida humana. Outro ponto relevante é o impacto paisagístico, especialmente em regiões litorâneas ou de alto valor turístico e ambiental, onde a presença massiva de torres pode descaracterizar a paisagem natural e reduzir o potencial de atividades como o ecoturismo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estado do Piauí demonstra, ao longo desta pesquisa, possuir um potencial excepcional para liderar a produção de energias renováveis no Brasil e no cenário internacional, especialmente em fontes como a solar, eólica e, mais recentemente, o hidrogênio verde. As condições geográficas, climáticas e territoriais favorecem a instalação de grandes empreendimentos de energia limpa, consolidando o Estado como referência na transição energética.

Não obstante a isso, esse protagonismo energético depende da superação de uma série de desafios. Embora o Piauí produza atualmente dez vezes mais energia do que consome e possua uma matriz elétrica composta em quase sua totalidade por fontes renováveis, é imprescindível promover investimentos contínuos e estruturais. A consolidação do Estado como polo energético requer infraestrutura de transmissão moderna, ampliação da logística — com destaque para a operacionalização plena do Porto de Luís Correia —, além de políticas públicas voltadas à qualificação da mão de obra local e à capacitação técnica contínua.

A viabilidade econômica de empreendimentos como o de hidrogênio verde depende não apenas do potencial energético disponível, mas

também de uma rede de apoio institucional, social e industrial que garanta sua sustentabilidade a longo prazo. A integração entre produção, distribuição e exportação precisa ser planejada estrategicamente, respeitando limites ambientais, sociais e culturais das comunidades afetadas.

Em suma, o futuro energético do Piauí é promissor, mas exige planejamento responsável, gestão eficiente dos recursos públicos e compromisso com o desenvolvimento sustentável. Somente com uma visão integrada, que articule inovação tecnológica, responsabilidade socioambiental e inclusão social, será possível transformar esse potencial em uma realidade que beneficie o Estado, o País e o Planeta.

## REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. ABEEólica. **Estudo mostra que energia eólica tem impacto positivo no IDH e PIB de municípios.** [S.l.]. Agência ABEEólica, 2020. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/estudo-mostra-que-energia-eolica-tem-impacto-positivo-no-idh-e-pib-de-municipios/#:~:text=Estudo%20mostra%20que%20energia%20e%C3%B3lica%20tem%20impacto%20positivo,os%20j%C3%A1%20conhecidos%20impactos%20positivos%20da%20energia%20e%C3%B3lica>. Acesso em: 22 out. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Matriz elétrica brasileira.** Brasília, 2023. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 08 out. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Relatório de Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica.** [S.l.]. ANEEL, 2023. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/ralie-relatorio-de-acompanhamento-da-expansao-da-oferta-de-geracao-de-energia-eletrica>. Acesso em: 29 out. 2024.

ALBA. Alba Energia Solar. **Mapa de insolação: entenda seu funcionamento e impactos.** [S.l.]. ALBA, 2022. Disponível em: <https://alba-energia.com.br/mapa-de-insolacao-entenda-seu-funcionamento-e-impactos/>. Acesso em: 22 out. 2024.

ALMEIDA, R. **A transição energética no Brasil: desafios e oportunidades.** *Revista Brasileira de Energia*, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2021.

ANDRADE, T. **Potencial das energias renováveis no Nordeste: o caso do Piauí.** *Journal of Renewable Energy*, v. 8, n. 1, p. 85-90, 2019.

ANEEL. **Relatório de energia solar e eólica no Brasil.** Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 08 out. 2024.

ARAÚJO, Raiane Sodré de *et al.* Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 1-14, 29 ago. 2022 DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33893>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33893>. Acesso em: 4 out. 2024.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PIAUÍ. **Piauí é 3º do Brasil na produção de energias renováveis.** Disponível em: <https://www.al.pi.leg.br/tv/noticias-tv-1/piaui-e-3deg-do-brasil-na-producao-de-energias-renovaveis>. Acesso em: 27 out. 2024.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PIAUÍ. **Risco de apagão: aumento da geração solar e necessidade de infraestrutura.** Teresina, 12 fev. 2025. Disponível em: <https://www.al.pi.leg.br/tv/noticias-tv-1/risco-de-apagao-aumento-da-geracao-solar-e-necessidade-de-infraestrutura>. Acesso em: 21 maio 2025.

BORGES, A. C. F. **Hidrogênio verde: alternativa para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e contribuir com a transição energética.** Orientador: Kleber Rocha de Oliveira. 2022. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, UNIVERSIDADE ESTADUAL-PAULISTA, Rosana, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/52d44e60-bac6-4b97-9cdb-5664bc27088d/content>. Acesso em: 29 out. 2024.

BRASIL. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). **Relatório de monitoramento do Sistema Elétrico.** Brasília, 2023. Disponível em: [www.ons.org.br](http://www.ons.org.br). Acesso em: 08 out. 2024.

CASTRO, N. D.; CÂMARA, L. **Transição energética e o hidrogênio: Transição energética e o hidrogênio: oportunidades, desafios e perspectivas.** GESEL: Grupo de Estudo do Setor Elétrico, São Paulo, 2020. Disponível em: [https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/19\\_castro253.pdf](https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/19_castro253.pdf). Acesso em: 20 out. 2024.

CCOM. Portal Cidade Modelo. **Piauí possui 178 usinas geradoras de energia limpa com capacidade para abastecer 3 milhões de residências.** Piauí: Portal Cidade Modelo, 2024. Disponível em: <https://portalcidademodelo.com/2024/08/piaui-possui-178-usinas-geradoras-de-energia-limpa-com-capacidade-para-abastecer-3-milhoes-de-residencias/>. Acesso em: 9 nov. 2024.

CIDADE VERDE. **Piauí inaugura maior parque de energia solar da América Latina em Ribeira**. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/261061/piaui-inaugura-maior-parque-de-energia-solar-da-america-latina-em-ribeira>. Acesso em: 6 nov. 2024.

CIDADE VERDE. Cidadeverde.com. **Governador inaugura Parque Eólico em Marcolândia nesta sexta.** [S.l.]. Cidade Verde, 2017. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/249493/governador-inaugura-parque-eolico-em-marcolandia-nesta-sexta>. Acesso em: 28 out. 2024.

CIDADES EM FOCO. **Parque eólico entra em operação nos municípios de Marcolândia, Simões e Padre Marcos.** Disponível em: <https://cidadesemfoco.com/parque-eolico-entra-em-operacao-nos-municipios-de-marcolandia-simoes-e-padre-marcos/>. Acesso em: 24 out. 2024.

CNN BRASIL. **Energia eólica: o que é, como funciona, tipos, vantagens e desvantagens.** São Paulo: CNN, 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/entenda-como-funciona-a-energia-eolica-offshore-que-e-gerada-no-mar/>. Acesso em: 22 out. 2024.

CONSTRUSOLARES. ConstruSolares Fotovoltaica. **Sistema Fotovoltaico. Belo Horizonte:** ConstruSolares, 2023. Disponível em: <https://www.construsolares.com.br/fotovoltaico/>. Acesso em: 22 out. 2024.

COSTA, J. **Energias renováveis e desenvolvimento econômico: uma análise do Piauí.** Revista de Desenvolvimento Regional, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2020.

COSTA, J. **Impactos sociais das energias renováveis em áreas rurais.** Revista de Estudos Sociais, v. 10, n. 2, p. 123-135, 2021.

CREMASCO, JONATHAN FIGUEIREDO. **Uso de hidrogênio verde como fonte energética**. Orientador: Marcus Righetti . 2022. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Anhanguera Sorocaba, Sorocaba, 2022. Disponível em: [https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/50090/1/JONATHAN\\_FIGUEIREDO\\_CREMASCO\\_ATIVIDADE++-DEFESA.pdf](https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/50090/1/JONATHAN_FIGUEIREDO_CREMASCO_ATIVIDADE++-DEFESA.pdf). Acesso em: 22 out. 2024.

DIOGO BARABAN. EDP. **Conheça o hidrogênio verde: projetos e iniciativas!**. [S.l.]. EDP, 2024. Disponível em: <https://solucoes.edp.com.br/blog/hidrogenio=-verde-conceito-e-cenario-no-brasil/#:~:text=Hidrog%C3%AAnio%20verde:%20projetos%20pelo%20mundo,e%C3%B3lica%20para%20produzir%20hidrog%C3%AAnio%20verde>. Acesso em: 21 mai. 2025.

ELBIA GANNOUM. ABEEólica. **Estudo mostra que energia eólica tem impacto positivo no IDH e PIB de municípios**. [S.l.]. ABEEólica, 2020. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/estudo-mostra-que-energia-eolica-tem-impacto-positivo-no-idh-e-pib-de-municipios/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. [S.l.]. EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcde-energia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 29 out. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. Acesso em: 22 out. 2024.

FERNANDES, Gláucia *et al.* **Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil**. Coluna Opinião, Rio de Janeiro: FGV ENERGIA, p. 3-11, 8 jan. 2023. Disponível em: [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opiniao\\_artigo\\_hidrogenio\\_verde\\_matriz.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opiniao_artigo_hidrogenio_verde_matriz.pdf). Acesso em: 21 out. 2024.

FERREIRA, M. **A matriz energética do Piauí: avanços e desafios**. Energias Renováveis em Debate, v. 7, n. 4, p. 34-50, 2021.

FOLHA DE S.PAULO. **Aneel recusa projeto de hidrogênio verde da Solatio**. São Paulo, 29 abr. 2025. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2025/04/projeto-de-hidrogenio-verde-da-solatio-e-barrado-pela-aneel-por-risco-de-sobrecarga.shtml>. Acesso em: 21 maio 2025.

G1 GLOBO. **Maior complexo eólico da América do Sul leva desenvolvimento e oportunidades para o Piauí.** Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/especial-publicitario/enel-green-power/noticia/2022/04/14/maior-complexo-eolico-da-america-do-sul-leva-desenvolvimento-e-oportunidades-para-o-piaui.ghhtml>. Acesso em: 31 out. 2024.

GÓES, Guilherme Sandoval (org.). **A geopolítica da energia do século XXI.** Rio de Janeiro: SYNERGIA EDITORA, 2021. 392 p. Título original: A geopolítica da energia do século XXI. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=W5o5EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=W5o5EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 28 out. 2024.

GOV.BR. **Piauí inaugura complexo eólico de R\$ 1,85 bilhão e capacidade de 436,6 MW.** Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/piaui-inaugura-complexo-eolico-de-r-1-85-bilhao-e-capacidade-de-436-6-mw>. Acesso em: 30 out. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ. **Rafael Fonteles concede autorização para empresa Solatio construir indústria de produção de hidrogênio verde no Piauí.** Teresina, 30 abr. 2025. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/rafael-fonteles-concede-autorizacao-para-empresa-solatio-construir-industria-de-producao-de-hidrogenio-verde-no-piaui/>. Acesso em: 21 maio 2025.

GOVERNO DO PIAUÍ. **Piauí movimenta a produção de energia sustentável.** 2021. Disponível em: <http://antigo.pi.gov.br>. Acesso em: 08 out. 2024.

GOVERNO FEDERAL. Governo Federal. **Missão 5 da NIB avança com a sanção da Lei do Combustível do Futuro.** Brasília: GOV, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/outubro/missao-5-da-nib-avanca-com-a-sancao-da-lei-do-combustivel-do-futuro>. Acesso em: 17 mai. 2025.

IBITU ENERGIA. **Complexo Eólico de Caldeirão Grande do Piauí I.** Disponível em: <https://ibituenergia.com/ativos/complexo-eolico-de-caldeirao-grande-i/>. Acesso em: 27 out. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach.** [S.l.]. IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-glo->

bal-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach. Acesso em: 29 out. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2021**. [S.l.]. IEA, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>. Acesso em: 29 out. 2024.

JANAÍNA DE CAMARGO. **Energia elétrica: Brasil é o 2º país com a conta mais cara no mundo**. [S.l.]. Money times, 2022. Disponível em: <https://www.moneytimes.com.br/energia-eletrica-brasil-e-o-2o-pais-com-a-conta-mais-cara-no-mundo/>. Acesso em: 15 out. 2024.

JENS-PETER ZINK. **Por que o hidrogênio verde é uma oportunidade de investimento única no século**. [S.l.]. Nasdaq, Inc, 2023. Disponível em: <https://www.nasdaq.com/articles/why-green-hydrogen-is-a-once-in-a-century-investment-opportunity>. Acesso em: 4 out. 2024.

LIMA, F.; FREITAS, A. **Biodiversidade e energias renováveis: um dilema a ser resolvido**. *Biodiversidade em Foco*, v. 5, n. 2, p. 101-115, 2020.

LÍVIA NEVES. PV MAGAZINE. **Solatio obtém aprovação para projeto de 3 GW de hidrogênio e amônia verde na ZPE de Parnaíba, Piauí**. [S.l.]. PV MAGAZINE, 2025. Disponível em: <https://www.pv-magazine-brasil.com/2025/03/14/solatio-obtem-aprovacao-para-projeto-de-3-gw-hidrogenio-e-amonia-verde-na-zpe-de-parnaiba-piaui/>. Acesso em: 20 mai. 2025.

MARCO ZERO CONTEÚDO. **Usina de hidrogênio verde no Piauí deve consumir cinco vezes mais água que toda a cidade de Parnaíba**. Recife, 24 abr. 2025. Disponível em: <https://marcozero.org/usi-na-de-hidrogenio-verde-no-piaui-deve-consumir-cinco-vezes-mais-a-gua-que-toda-a-cidade-de-parnaiba/>. Acesso em: 21 maio 2025.

MARTINS, E. A.; SILVA, A. C. da. **O potencial eólico e solar no Brasil: uma análise do caso do Piauí**. Revista Brasileira de Energia, v. 38, n. 1, p. 55-66, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbe/article/view/123456>. Acesso em: 08 out. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. **Projeto de hidrogênio verde vai operar no Piauí**. Brasília, 13 mar. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/as->



suntos/noticias/2025/marco/projeto-de-hidrogenio-verde-vai-operar-no-piaui-em-parnaiba. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Fontes renováveis responderam por 93,1% da geração de energia elétrica em 2023**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/fontes-renovaveis-responderam-por-93-1-da-geracao-de-energia-eletrica-em-2023>. Acesso em: 20 maio 2025.

MOURA, Fernando Rafael de; SILVA JÚNIOR, Flavio Manoel Rodrigues da. 2030 Agenda: discussion on Brazilian priorities facing air pollution and climate change challenges. **Environmental Science and Pollution Research**, Alemanha, ed. 2023, n. 2, p. 8377-8390, 9 dez. 2022. Anual. Disponível em: <file:///C:/Users/mikae/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/046d178f-33d5-4606-8914-32ee5add0c15/s11356-022-24601-5.pdf>. Acesso em: 4 out. 2024.

PAINEL MAR. **Caso Ômega Energia – PI**. Disponível em: <https://painelmar.com.br/2021/05/25/caso-omega-energia-pi/>. Acesso em: 20 out. 2024.

PAULO BARROS. Secretaria de governo . **Rafael anuncia investimentos de R\$ 50 bilhões para produção de hidrogênio verde no Piauí**. Teresina: Governo do Piauí, 2023. Disponível em: <https://portal.pi.gov.br/segov/2023/06/14/rafael-anuncia-investimentos-de-r-50-bilhoes-para-producao-de-hidrogenio-verde-no-piaui/>. Acesso em: 22 out. 2024.

POLÍTICA PIAUÍ. **Rafael Fonteles expõe o potencial do Piauí na China**. Piauí: Redação, 2025. Disponível em: <https://politicapiaui.com.br/2025/05/15/rafael-fonteles-expoe-o-potencial-do-piaui-na-china/>. Acesso em: 21 mai. 2025.

PORTAL AZ. **Agrônomo diz que irrigação consome 30 vezes mais água que hidrogênio verde**. Teresina, 28 abr. 2025. Disponível em: <https://www.portalaz.com.br/noticia/geral/80340/agronomo-diz-que-irrigacao-consome-30-vezes-mais-agua-que-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 21 maio 2025.

PORTAL PI. **Ribeiro Gonçalves vai ganhar novo parque solar com mais de 1.200 empregos diretos**. Disponível em: <https://portal.pi.gov.br/segov/2023/10/05/ribeiro-goncalves-vai-ganhar-novo-parque-solar-com-mais-de-1-200-empregos-diretos/>. Acesso em: 4 nov. 2024.



PV MAGAZINE. **Complexo solar gigante recebe autorização no Piauí.** Disponível em: <https://www.pv-magazine-latam.com/brasil-noticias/complexo-solar-gigante-recebe-autorizacao-no-piaui/>. Acesso em: 27 out. 2024.

REN21. **Relatório de Status Global de Energias Renováveis.** Relatório de Status Global de Energias Renováveis 2024. [S.l.]. REN21, 2024. Disponível em: <https://www.ren21.net/gsr-2024/>. Acesso em: 29 out. 2024.

RIBEIRO, S. **Impactos ambientais das energias renováveis: um estudo crítico.** Journal of Environmental Studies, v. 12, n. 3, p. 120-130, 2020.

SANTOS, R. B., Martins, V. R., & Borges, R. R. S. (2020). **Sistema de energia solar a partir de células fotovoltaicas: Estacionamento solar do Centro Universitário Unievangélica.** Brazilian Journal of Development, 4(6), 20097-20106. Acesso em: 22 out. 2024.

SEPLAN . **PIB DO ESTADO DO PIAUÍ EM 2022.** Disponível em: <https://www.seplan.pi.gov.br/download/157/diversos/13693/pib-do-estado-do-piaui-em-2022.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SEPLAN. Governo do Piauí. **Piauí é 1º lugar no Brasil em matriz elétrica renovável e 3º maior produtor de energias eólica e solar centralizada.** Piauí: Redação Ccom, 2025. Disponível em: [https://www.pi.gov.br/piaui-e-1o-lugar-no-brasil-em-matriz-eletrica-renovavel-e-3o-maior-produtor-de-energias-eolica-e-solar-centralizada/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.pi.gov.br/piaui-e-1o-lugar-no-brasil-em-matriz-eletrica-renovavel-e-3o-maior-produtor-de-energias-eolica-e-solar-centralizada/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 16 mai. 2025.

SEPLAN. Governo do Piauí. **Piauí possui 178 usinas geradoras de energia limpa com capacidade para abastecer 3 milhões de residências.** Piauí: Redação CCom, 2024. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/piaui-possui-178-usinas-geradoras-de-energia-limpa-com-capacidade-para-abastecer-3-milhoes-de-residencias/>. Acesso em: 19 mai. 2025.

SILVA, A. **O Nordeste como polo de energias renováveis no Brasil.** Análise Energética, v. 14, n. 1, p. 23-36, 2021.

SILVA, B. C. O. *et al.* **Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica na Christus Faculdade do Piauí.** Research, Society and Development, [s. l.], v. 12,

n. 8, p. 1-16, 9 ago. 2023 2525-3409. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.33448/rsd-v12i8.42569>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42569/34544>. Acesso em: 22 out. 2024.

SILVA, B. **São João do Piauí: um modelo de sucesso em energia solar.** *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 11, n. 2, p. 15-28, 2022.

SOLATIO. solatioenergia. **Comunicado Oficial - Solatio Hidrogenio Verde Piauí.** Parnaíba: solatio, 2025. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/DI-D46oPiQq/?igsh=MThjZWxxbjhpZ210MQ==> . Acesso em: 20 mai. 2025.

SOUZA, L. **O crescimento da energia eólica em Brasileira, Piauí.** *Revista de Tecnologia e Inovação*, v. 8, n. 1, p. 90-102, 2022.

TECMUNDO. **No Piauí, maior usina solar da América do Sul cresce ainda mais.** Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/mobili-dade-urbana-smart-cities/211334-enel-comeca-operacoes-maior-usina-solar-america-sul.htm>. Acesso em: 28 out. 2024.

TV ANTENA 10. **Inauguração do Parque Solar Marangatu em Brasileira, Piauí.** Disponível em: <https://a10mais.com/noticias/geral/compa-nhia-chinesa-inaugura-seu-1-ordm-complexo-solar-no-piaui-550-mil-casas-podem-ser-abastecidas-20296.html>. Acesso em: 29 out. 2024.

## CAPÍTULO 13

### REFORÇO ESTRUTURAL COM USO DE MATERIAIS COMPÓSITOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA COMPARATIVA NA REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS

*STRUCTURAL REINFORCEMENT USING COMPOSITE  
MATERIALS: A COMPARATIVE BIBLIOGRAPHIC REVIEW  
IN THE REHABILITATION OF STRUCTURES*

**Rhuan Petrovisk Silva Medeiros**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0008-0332-9756>  
[rhuant123@gmail.com](mailto:rhuant123@gmail.com)

**João Gustavo Alves Oliveira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0001-0832-7847>  
[gustavojoaool2802@gmail.com](mailto:gustavojoaool2802@gmail.com)

**Laysa Cruz Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1748-7316>  
[englaysacruz@gmail.com](mailto:englaysacruz@gmail.com)

**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

**Marcos Vinícius Lopes dos Santos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4007-2917>  
[marcosss2013@hotmail.com](mailto:marcosss2013@hotmail.com)

**Antônio Soares da Silva Sobrinho Júnior**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri- PI

<https://orcid.org/0009-0001-1066-3479>

[soaresjunior485@gmail.com](mailto:soaresjunior485@gmail.com)

**Mikaelle Cavalcante Oliveira Martins da Silva**

Christus Faculdade do Piauí – CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-8601-9580>

[mikaellecavalcante2003@gmail.com](mailto:mikaellecavalcante2003@gmail.com)

**Ivonalda Brito de Almeida Moraes**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-1306-7568>

[ivonalda@yahoo.com.br](mailto:ivonalda@yahoo.com.br)

**Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>

[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

**Gildene Fortes de Meneses Machado**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-0319-183X>

[gildenemeneses@yahoo.com.br](mailto:gildenemeneses@yahoo.com.br)

## RESUMO

A utilização, manutenção e recuperação de estruturas de concreto armado é crucial não apenas para os locais onde são utilizadas, mas também para a comunidade em geral. O estudo avalia o desempenho de materiais de fibra de carbono, vidro e aramida, quando usados como compósitos para reforço em estruturas de concreto armado. A

pesquisa adota uma abordagem de revisão bibliográfica, com análises qualitativas e quantitativas de artigos, teses e dissertações publicadas acerca do tema. O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: pesquisa bibliográfica sobre as propriedades de cada material compósito; delimitação das fontes a serem utilizadas; coleta das informações e por fim, o estudo comparativo entre as informações coletadas, através de tabelas e gráficos. A metodologia ainda destaca o uso de palavras-chave específicas para a pesquisa bibliográfica (descritores), recorte temporal, bases oficiais de pesquisas científicas, e não obstante a isso, a aplicação de métodos quantitativos e qualitativos para comparação. Os resultados indicam que a fibra de carbono apresenta o melhor desempenho estrutural, seguida pela aramida e pelo vidro. Conclui-se que os compósitos são soluções eficazes para o reforço de estruturas de concreto, e a escolha entre eles deve considerar fatores como desempenho, custo e ambiente de aplicação.

**Palavras-chave:** Materiais Compósitos; Propriedades; Reforço; Reabilitação; Desempenho.

## ABSTRACT

The use, maintenance, and rehabilitation of reinforced concrete structures is crucial not only for the locations where they are used but also for the community as a whole. This study to evaluate the performance of carbon fiber, glass, and aramid materials when used as composites for reinforcing reinforced concrete structures. The research adopts a bibliographic review approach, with qualitative and quantitative analyses of articles, theses, and dissertations published on the subject. The study was developed in four stages: a bibliographic review of the properties of each composite material, delimitation of the sources to be used, data collection, and finally, a comparative study of the collected information using tables and graphs. The methodology also emphasizes the use of specific keywords for the bibliographic research (descriptors), a temporal cut, official scientific research databases, and, in addition, the application of quantitative and qualitative methods for comparison. The results indicate that carbon fiber presents the best structural performance, followed by aramid and glass fibers. It is concluded that composites are effective solutions for reinforcing concrete struc-

tures, and the choice among them should consider factors such as performance, cost, and application environment.

**Keywords:** Composite Materials; Properties; Reinforcement; Rehabilitation; Performance.

## 1 INTRODUÇÃO

Na engenharia civil, as estruturas são responsáveis por suportar e distribuir as cargas de edificações e obras, garantindo sua segurança, estabilidade e funcionalidade. A escolha da estrutura depende das necessidades do projeto e das características dos materiais utilizados, como concreto, aço, madeira ou alvenaria, e envolve componentes como vigas, pilares, lajes e fundações.

Segundo Franco (2023), os elementos estruturais são concebidos para aguentar as cargas aplicadas e resistir a alterações de temperatura, deformações e outros fatores ambientais, garantindo o rendimento esperado da construção.

Antigamente, acreditava-se que o concreto armado era um material inalterável, uma vez que mostrava um excelente comportamento ao ser utilizado e exposto ao ambiente. Atualmente, está claro que não é bem assim. Com o aumento da sua utilização em vários ambientes e/ou cargas mecânicas, notou-se que, em determinadas ocasiões e sob condições particulares, alguns dos componentes que formam o concreto armado começaram a exibir mecanismos de degradação, resultando em uma diminuição parcial ou total da funcionalidade dos elementos estruturais (Dionísio; Quaresma; Florian, 2023).

Com o crescimento acelerado da construção civil, especialmente em alguns países e épocas, surgiram inovações que trouxeram, implicitamente, a aceitação de maiores riscos (Fugiyama et al., 2021). Esses riscos estão ligados à deterioração das estruturas, cujas causas podem variar desde o desgaste natural até fatores ambientais, acidentes e a negligência no uso de materiais inadequados. Nesse contexto, a intervenção estrutural surge como uma estratégia essencial para garantir a longevidade das edificações.

O reforço de estruturas inclui ações planejadas para melhorar a capacidade de suporte a cargas, frequentemente por meio da introdução de novos materiais e métodos.

Neto *et al.* (2021), afirma que a necessidade de reforço estrutural surge quando um elemento ou uma estrutura já não consegue suportar os esforços solicitados, seja devido ao aumento de carga ou à deterioração do material.

No que se refere à recuperação, esta visa reabilitar a funcionalidade original de uma estrutura deteriorada, restituindo as condições adequadas para seu uso. Segundo Sena, Nascimento e Neto (2020), a patologia das construções é responsável por investigar manifestações patológicas em estruturas, analisando suas causas e possíveis métodos de reparo para garantir a integridade e funcionalidade ao longo do tempo.

A reabilitação, além de restaurar o desempenho das estruturas, visa também adaptá-las às novas exigências normativas ou funcionais. Nesse sentido, Appleton (2022) trata da reabilitação estrutural onde a mesma não deve apenas preservar o patrimônio estrutural edificado, mas também melhorar seu desempenho, garantindo adaptação às exigências contemporâneas e aumentando sua resiliência estrutural.

A escolha dos materiais e da técnica de correção a ser empregada depende de um diagnóstico preciso do problema, considerando as características da estrutura, a região afetada e as especificações funcionais do elemento a ser reabilitado (Dionísio; Quaresma, 2023).

Diante disso, nos últimos anos foram treinados e desenvolvidos materiais não metálicos de alto desempenho e elevada resistência que podem substituir o aço e evitar os problemas de corrosão e posteriores gastos adicionais com reforços estruturais, e que proporcionam uma maior durabilidade às estruturas de concreto armado.

Dentre esses materiais incluem-se os compostos à base de fibras, com ênfase nos Polímeros Reforçados com Fibras (PRF), que apresentam resistência à corrosão e elevada resistência mecânica. Na engenharia civil como armadura para o concreto armado é relativamente recente. (Perônica *et al.* 2022).

Neste cenário os Polímeros Reforçados com Fibras (PRF) são uma solução eficaz para fortalecer estruturas de concreto armado,

sendo que os principais tipos de PRF são os compostos fabricados com fibras de vidro (PRFV), carbono (PRFC) e aramida (PRFA).

As propriedades dos PRF têm sido estudadas há alguns anos, principalmente no exterior, devido à sua elevada resistência mecânica, baixa densidade e resistência à corrosão, tornando-se uma alternativa viável para substituir o aço em aplicações estruturais (Perônica *et al.* 2022).

O artigo está estruturado, portanto, de forma lógica e didática, partindo desta introdução, fundamentando-se numa revisão bibliográfica, entendida como referencial teórico, que busca subsidiar o problema levantado e as hipóteses vislumbradas. Não obstante a isso, os objetivos, gerais e específicos, ficam evidenciados e serão alcançados a partir de uma metodologia traçada com tal visão estratégica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Durabilidade, Manutenção e Vida Útil

A longevidade de uma edificação está intimamente relacionada às decisões corretas adotadas nas etapas iniciais do projeto. Portanto, é fundamental contar com um sistema de qualidade bem estruturado para assegurar um desempenho adequado e a durabilidade tanto dos materiais quanto da própria estrutura (Zanoto; Rotter; Campos, 2021).

A adoção de boas práticas desde as etapas iniciais do projeto é determinante para garantir a durabilidade e o desempenho das edificações ao longo do tempo. Nesse contexto, a norma ABNT NBR 15575-1:2024, que trata do desempenho de edificações habitacionais, estabelece diretrizes importantes para assegurar a longevidade das construções. Um dos pontos centrais dessa norma é a definição de conceitos fundamentais relacionados à durabilidade, como a Vida Útil (VU) e a Vida Útil de Projeto (VUP).

Esses termos ajudam a orientar tanto os projetistas quanto os responsáveis pela manutenção das edificações sobre os prazos esperados de desempenho e a necessidade de ações preventivas e corretivas ao longo do tempo. O Quadro 01 apresenta essas definições conforme estabelecido na referida norma.



### Quadro 01 - Vida Útil conforme a ABNT NBR 15575-1:2024

| Termo                      | Definição                                                                                                      |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vida Útil (VU)             | Tempo em que um edifício/sistema atende aos níveis de desempenho projetados, considerando manutenção adequada. |
| Vida Útil de Projeto (VUP) | Tempo estimado para o qual um sistema é projetado para atender aos requisitos de desempenho.                   |

Fonte: ABNT NBR 15575-1, 2024.

## 2.2 Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto

As questões patológicas surgem devido a falhas que se manifestam ao longo de uma ou mais etapas do processo denominado construção civil. Esse processo pode ser dividido em três fases principais: concepção (que abrange planejamento, projeto e seleção de materiais), execução e utilização.

Essas patologias estruturais podem ser encontradas em várias construções e apresentam diferentes níveis de intensidade e tipos. As que aparecem com maior regularidade incluem: corrosão das armaduras, fissuras e trinca e carbonatação, conforme apresentado no Quadro 02.

### Quadro 02 - Principais manifestações em estruturas de concreto

| Conceito           | Revista ou Livro                                 | Autores(as)                     | Explicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Corrosão           | Construindo                                      | Debora Kelly Garcia Martins     | É um processo natural, químico ou eletroquímico, que causa a deterioração de materiais, especialmente metais, devido à ação de agentes agressivos do ambiente. Compromete propriedades e a integridade estrutural, sendo crucial seu controle no projeto, na escolha de materiais e na manutenção das edificações. |
| Fissuras e trincas | Revista FATEC de tecnologia e ciências           | Filipe Lima Leite Nascimento    | Surgem devido a retração, temperatura, flexão, entre outros fatores. Podem variar sua espessura de 0,5mm (fissuras) podendo ultrapassar 10mm (brechas); podem ser classificadas como ativas ou passivas dependendo da movimentação que apresentam.                                                                 |
| Carbonatação       | Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula | Weibull, Jon Karl <i>et al.</i> | Ocorre através da reação do CO <sub>2</sub> com os compostos do cimento, formando carbonato de cálcio e diminuindo o pH do concreto. Essa redução elimina a proteção alcalina da armadura, iniciando a corrosão.                                                                                                   |

|                     |                                    |                                          |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ataque por sulfatos | Revista de engenharia e tecnologia | Bonifácio, Diego Rodrigues <i>et al.</i> | A situação se manifesta quando o concreto entra em contato com ambientes com sulfatos, que reagem com o cimento, formando produtos expansivos. Isso gera fissuras e reduz a resistência e coesão do concreto ao longo do tempo. |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

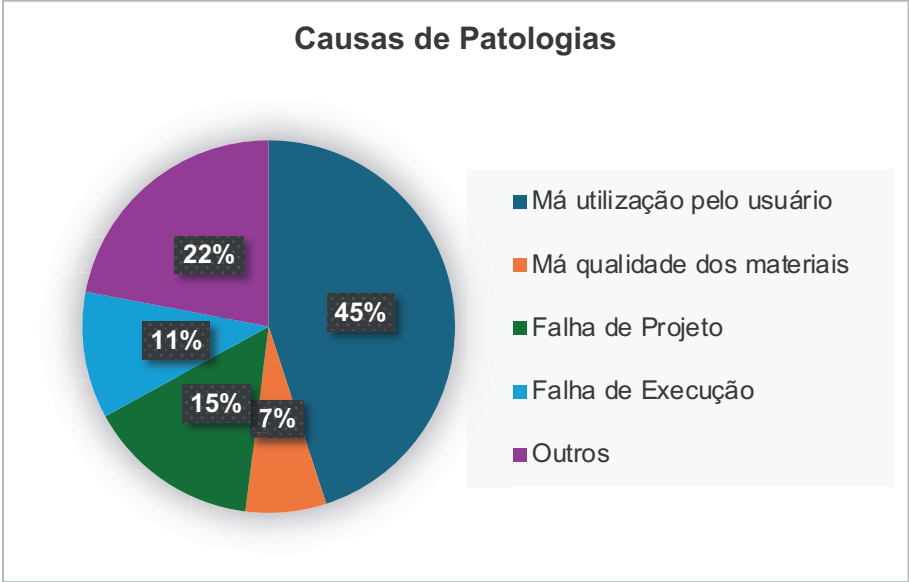
Fonte: Próprios autores, 2025.

Nesse contexto se faz necessário métodos de recuperação e reforço das estruturas. De acordo com Maruyama (2023), a identificação e o reparo dessas manifestações podem ser simples ou exigir uma análise minuciosa para que intervenções corretivas efetivas sejam realizadas.

Para compreender a origem dessas falhas, é necessário analisar detalhadamente cada etapa do processo de construção, incluindo o planejamento, a execução e o gerenciamento de materiais, erros em qualquer umas dessas etapas podem prejudicar a qualidade e a durabilidade do projeto. (Gonçalves, 2021).

As principais origens de manifestações na construção civil são citadas por (Neto; Lourenço; Santano, 2024), conforme a Figura 01.

Figura 01 - Principais origens de patologias nas construções



Fonte: De Jesus (2019 apud Neto, Lourenço, Santano 2024).

## 2.3 Reforço com Materiais Compósitos

No contexto do cuidado com a saúde das edificações, os materiais compósitos poliméricos são uma alternativa eficaz para reforçar estruturas de concreto armado. Esses materiais, formados por fibras de alta resistência em uma matriz polimérica, são escolhidos por sua resistência mecânica, rigidez e durabilidade, sendo amplamente utilizados em aplicações que demandam alto desempenho e redução de peso (Wang *et al.*, 2021).

O reforço estrutural é frequentemente necessário para corrigir falhas ou adaptar edifícios a novas condições, como cargas adicionais ou atualizações nas normas de segurança, garantindo a integridade e longevidade das estruturas (Garcia *et al.*, 2020).

Os materiais compósitos têm encontrado ampla aplicação em pontes, prédios históricos, viadutos e outras infraestruturas essenciais. Muitas vezes, são utilizados na forma de laminados ou fitas de fibras, que são aderidas diretamente às superfícies das estruturas que precisam de reforço, como colunas, vigas ou lajes, utilizando resinas epóxi para aprimorar as propriedades mecânicas dessas estruturas.

No caso das pontes, por exemplo, essas fitas podem ser empregadas para aumentar a capacidade de carga sem a realização de intervenções mais intrusivas. No âmbito do reforço sísmico, os compósitos têm demonstrado eficácia ao incrementar a ductilidade e a capacidade de deformação de edifícios, o que proporciona maior segurança em áreas propensas a terremotos. Em prédios históricos ou monumentos, onde a preservação da estética e da arquitetura original é fundamental, os compósitos são preferidos devido à sua leveza e à possibilidade de serem aplicados de forma discreta, sem causar alterações significativas na aparência da estrutura.

### 2.3.1 Fibras de reforço

São materiais essenciais no desenvolvimento de compósitos de alto desempenho, utilizados para fortalecer estruturas de concreto armado. As fibras mais comuns incluem carbono, vidro e aramida,

cada uma com propriedades específicas que as tornam adequadas para diferentes aplicações, conforme a Tabela 01.

A fibra de carbono destaca-se por sua alta resistência à tração, rigidez e leveza, sendo ideal para setores como aeroespacial e construção civil. A fibra de vidro é conhecida por sua resistência à corrosão e fadiga, além de ser um ótimo isolante térmico e elétrico, sendo amplamente utilizada em compósitos poliméricos (Souza *et al.*, 2023). Já a fibra de aramida, como o Kevlar, é reconhecida por sua alta resistência mecânica e baixa densidade, sendo aplicada em setores militares e de construção civil (Pereira; Alves; Rezende, 2024).

Essas fibras, quando combinadas com matrizes poliméricas ou de concreto, oferecem soluções eficazes para reforço estrutural, aumentando a durabilidade e a resistência das estruturas.

A normalização técnica recente no Brasil tem fomentado o uso desses materiais, promovendo avanços significativos no mercado de compósitos reforçados com fibras (ABNT NBR 16941:2021; ABNT NBR 16942:2021).

**Tabela 01 - Características genéricas das fibras**

| Tipo da Fibra          | Módulo de Elasticidade (GPa) | Resistência Máxima de Tração (MPa) | Deformação de Ruptura (%) |
|------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Carbono                |                              |                                    |                           |
| De uso geral           | 220 – 235                    | < 3.790                            | > 1,2                     |
| Alta resistência       | 220 – 235                    | 3.790 – 4.820                      | > 1,4                     |
| Ultra alta resistência | 220 – 235                    | 4.820 – 6.200                      | > 1,5                     |
| Alto módulo            | 345 – 515                    | > 3.100                            | > 0,5                     |
| Ultra alto módulo      | 515 – 690                    | > 2.410                            | > 0,2                     |
| Vidro                  |                              |                                    |                           |
| Vidro E                | 69 – 72                      | 1860 – 2680                        | >4,5                      |
| Vidro S                | 86 – 90                      | 3440 – 4140                        | >5,4                      |
| Aramida                |                              |                                    |                           |
| De uso geral           | 69 – 83                      | 3440 – 4140                        | > 2,5                     |
| Alto desempenho        | 110 – 124                    | 3440 – 4140                        | >1,6                      |

**Fonte:** ACI 440, 2008.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sistemática focada em artigos científicos publicados a partir de 2020, que abordam o uso de materiais compósitos — fibras de carbono (PRFC), vidro (PRFV) e aramida (PRFA) — como reforço estrutural em concreto armado.

A seleção dos artigos ocorreu nas principais bases de dados acadêmicas, como Google Acadêmico e Periódicos CAPES, utilizando palavras-chave específicas como “fibra de carbono”, “fibra de vidro”, “fibra de aramida” e “reforço de estruturas” e termos correlatos.

A busca foi delimitada para incluir apenas publicações entre 2020 e 2025, apenas artigos em língua portuguesa, abrangendo ainda teses, dissertações, trabalhos de conclusão de cursos, capítulos de livros, artigos científicos e revistas, garantindo a atualização das informações.

Após a coleta inicial, os artigos foram avaliados quanto à relevância, aplicabilidade e qualidade metodológica, priorizando estudos experimentais, análises numéricas e revisões sistemáticas que tratassem da eficiência, durabilidade, aspectos técnicos e econômicos dos materiais compósitos.

A análise dos artigos incluiu a comparação das propriedades mecânicas dos compósitos os métodos de aplicação e as condições ambientais consideradas nos estudos. Foram extraídos dados sobre resistência à tração, módulo de elasticidade, ductilidade, durabilidade e custos relativos, permitindo uma comparação técnica e econômica entre PRFC, PRFV e PRVA.

Com base nesse levantamento e análise crítica da literatura recente, elaborou-se a seção de resultados e discussão, que fundamenta a escolha do material compósito ideal para reforço de concreto armado e aponta as vantagens e limitações de cada tipo de fibra.

## 3.2 Resultados e Discussão

### 3.2.1 Fibra de carbono

A fibra de carbono PRFC, tem se consolidado como uma das principais alternativas em técnicas de reforço estrutural. Diversos estudos têm demonstrado o impacto positivo do uso do PRFC na melhoria do desempenho estrutural, tanto em ensaios experimentais quanto em simulações numéricas.

A seguir, são apresentadas as principais contribuições da literatura sobre o uso do PRFC, com foco em resistência, execução e durabilidade. Conforme o Quadro 03.

**Quadro 03** - Comparação dos artigos sobre fibra de carbono

| Critério               | Autor                         | Ideia                                                                                                                                                  |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aumento de resistência | Fugiyama <i>et al.</i> (2021) | Reforço com mantas de PRFC aumentou a resistência ao cisalhamento e alterou o modo de ruptura das vigas de flexão para cisalhamento.                   |
|                        | Martello & Bleichvel (2020)   | PRFC apresentou os melhores resultados em relação aos demais, em ensaio de compressão entre os corpos de prova testados.                               |
| Método de execução     | Martello & Bleichvel (2020)   | Utilizada técnica de laminação a vácuo com excelente aderência e uniformidade; importante para garantir a qualidade da cura e ligação com a estrutura. |
|                        | Leal & Fagundes (2020)        | Aplicação exige controle técnico, mas oferece leveza, resistência e rapidez.                                                                           |
| Condições ambientais   | Dionísio <i>et al.</i> (2023) | PRFC possui alta resistência à corrosão, à ataque químico e ambientes agressivos.                                                                      |
|                        | Leal & Fagundes (2020)        | Material anticorrosivo, resistente a intempéries e com longa durabilidade, ideal para reforço em ambientes agressivos.                                 |

**Fonte:** Próprios autores, 2025.

A análise da literatura evidencia que o PRFC aponta ganhos expressivos na resistência ao cisalhamento e flexão das estruturas, além da mudança no modo de ruptura, que passa a ser mais favorável estruturalmente. Além disso, Dionísio *et al.* (2023) e Leal & Fagundes (2020) destacam a elevada durabilidade do PRFC em ambientes agressivos, com alta resistência a agentes químicos e corrosivos.

### 3.2.2 Fibra de vidro

A fibra de vidro PRFV representa uma solução intermediária entre desempenho técnico e viabilidade econômica no reforço de estruturas de concreto. Com isso, o PRFV tem sido amplamente explorado por seu custo acessível, boa resistência química e versatilidade de aplicação.

Conforme o Quadro 04, a literatura destaca as principais contribuições para o uso do PRFV, destacando aspectos como resistência, eficiência e durabilidade.

**Quadro 04 - Comparação dos artigos sobre fibra de vidro**

| Critério               | Autor                                                | Ideia                                                                                                                                  |
|------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aumento de resistência | Mahendra et al. (apud Fugiyama <i>et al.</i> , 2021) | Reforço com fibra de vidro apresentou desempenho inferior ao de carbono, mas ainda contribuiu com resistência adicional da estrutura.  |
|                        | Amaral <i>et al.</i> (2024)                          | A fibra de vidro aumenta significativamente a resistência à flexão de vigas, porém possui comportamento frágil, com menor ductilidade. |
| Método de execução     | Perônica <i>et al.</i> (2022)                        | Técnicas similares às usadas com outras fibras (adesão com resina epóxi); requer maior volume para mesmo desempenho estrutural.        |
| Condições ambientais   | Perônica <i>et al.</i> (2022)                        | Boa resistência à corrosão, mas menor durabilidade e resistência térmica em comparação ao PRFC; sofre mais com abrasão e deformações.  |
|                        | Amaral <i>et al.</i> (2024)                          | PRFV é quimicamente inerte, com resistência à corrosão, sendo alternativa promissora à substituição do aço em ambientes agressivos.    |

**Fonte:** Próprios autores, 2025.

A análise dos estudos demonstra que, embora o PRFV ofereça menor desempenho em tração e compressão quando comparado ao PRFC, ele ainda proporciona melhorias relevantes na resistência à flexão de elementos estruturais (Mahendra *et al.*, apud Fugiyama *et al.*, 2021). Entretanto, Perônica *et al.* (2022) ressaltam a necessidade de maior volume de material para alcançar desempenhos similares ao PRFC, o que pode ser limitante em estruturas com seções reduzidas.

### 3.2.3 Fibra de aramida

A fibra de aramida PRFA, é uma alternativa sintética de alto desempenho, destacando-se por sua resistência à tração, impacto e estabilidade térmica. Seguem no Quadro 05 as principais contribuições da literatura acerca do uso de PRFA, destacando-se a resistência, a execução e a durabilidade.

**Quadro 05** - Comparação dos artigos sobre fibra de aramida

| Critério               | Autor                         | Ideia                                                                                                                                           |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aumento de resistência | Martello & Bleichvel (2020)   | Fibra de aramida mostrou bom desempenho nos testes de compressão, porém inferior ao da fibra de carbono.                                        |
|                        | Bueno <i>et al.</i> (2021)    | A adição de fibras de aramida aumentou a resistência à tração na flexão em até 35,58% e melhorou a ductilidade do concreto.                     |
| Método de execução     | Martello & Bleichvel (2020)   | Utilizou-se a mesma técnica de laminação a vácuo aplicada à fibra de carbono, mostrando boa adaptação às peças estruturais.                     |
|                        | Bueno <i>et al.</i> (2021)    | Fibra de aramida tem estabilidade térmica até 371°C e não perde trabalhabilidade como o polipropileno, assim, ajudando no processo de execução. |
| Condições ambientais   | Perônica <i>et al.</i> (2022) | PRFA possui boa resistência ao calor e impacto, mas pode ser mais sensível à luz UV e à umidade em longo prazo.                                 |

**Fonte:** Próprios autores, 2025.

Tais resultados reforçam a eficácia da PRFA em melhorar o desempenho mecânico do concreto em regime tracionado. Além disso, o estudo mais detalhado de Bueno *et al.* (2021) demonstra a efetividade da aramida na melhoria das propriedades mecânicas do concreto.

Considerando os quadros sintetizados acima e levando em conta o aspecto do desempenho estrutural – resistência mecânica, os estudos analisados demonstram de forma consistente que a fibra de carbono (PRFC) apresentou os melhores resultados em resistência à tração, compressão e cisalhamento, superando as demais fibras. Isso foi observado tanto em ensaios experimentais (Fugiyama *et al.*, 2021; Martello & Bleichvel, 2020) quanto em simulações numéricas (Perôni-



ca *et al.*, 2022), evidenciando seu elevado módulo de elasticidade e desempenho mecânico superior.

O PRFA, embora apresente boa resistência à tração e impacto, mostrou desempenho estrutural inferior à PRFC. Ainda assim, é considerada viável para reforço estrutural, principalmente onde se busca leveza e resistência a impactos (Martello & Bleichvel, 2020).

O PRFV foi a que apresentou menor desempenho mecânico entre as três, exigindo maior seção transversal para atingir a mesma capacidade de carga (Perônica *et al.*, 2022). Contudo, ainda é eficaz para reforços moderados e apresenta boa relação custo-benefício.

Quanto ao Método de Execução – Facilidade e Aplicação Técnica, todas as fibras analisadas utilizam técnicas semelhantes de aplicação, como a laminação a vácuo e adesão com resina epóxi. A PRFC requer maior controle técnico devido à necessidade de garantir aderência e alinhamento perfeito das fibras para atingir seu potencial máximo (Martello & Bleichvel, 2020).

A PRFA compartilha da mesma técnica, mas, por ser mais leve e flexível, pode facilitar o processo em certas geometrias. Já a PRFV, por ser mais barata e disponível, é mais acessível para aplicações simples ou intervenções emergenciais com menos rigor técnico.

Para Comportamento em Diferentes Condições Ambientais o PRFC se destaca novamente ao apresentar alta resistência à corrosão, variações térmicas, radiação UV e agentes químicos, o que a torna ideal para ambientes agressivos (Dionísio *et al.*, 2023; Leal & Fagundes, 2020).

O PRFA tem excelente resistência a impacto e abrasão, mas é sensível à luz UV e à umidade, o que limita seu uso externo sem proteção adicional (Perônica *et al.*, 2022).

O PRFV apresenta boa resistência à corrosão, mas sofre com deformações e possui menor durabilidade em ambientes muito agressivos, como marinhos ou industriais pesados.

### 3.2.4 Comparação geral dos materiais

O quadro 06 sintetiza, a partir de critérios objetivos, e traz a descrição básica extraída dos levantamentos feitos para os diver-

sos compósitos: fibras de carbono (PRFC), vidro (PRFV) e aramida (PRFA) — como reforço estrutural em concreto armado.

**Quadro 06** - principais propriedades dos três compósitos conforme os artigos analisados

| Critério                | PRFC       | PRFV            | PRFA            |
|-------------------------|------------|-----------------|-----------------|
| Resistência à Tração    | Muito Alta | Moderada a Alta | Alta            |
| Módulo de Elasticidade  | Elevado    | Moderado        | Moderado a Alto |
| Ductilidade             | Média      | Baixa           | Alta            |
| Resistência à Corrosão  | Excelente  | Excelente       | Excelente       |
| Facilidade de Aplicação | Alta       | Média           | Média           |
| Custo                   | Elevado    | Moderado        | Elevado         |

**Fonte:** Adaptado de FUGIYAMA et al. (2021); AMARAL et al. (2024); PERÔNICA et al., 2022.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu uma análise comparativa entre os principais materiais compósitos utilizados no reforço estrutural de concreto armado — fibra de carbono (PRFC), fibra de vidro (PRFV) e fibra de aramida (PRFA). A revisão bibliográfica demonstrou que, embora todas as opções ofereçam benefícios relevantes em termos de resistência à corrosão, leveza e facilidade de aplicação, existem diferenças significativas quanto ao desempenho mecânico, custo e adequação a diferentes contextos de aplicação.

A fibra de carbono (PRFC) se destacou como o material de maior desempenho estrutural, apresentando elevada resistência à tração, módulo de elasticidade superior e excelente comportamento em ambientes agressivos. No entanto, seu custo elevado pode limitar seu uso em determinadas obras, sendo mais indicada para intervenções críticas e estruturas que demandam alta durabilidade.

A fibra de vidro (PRFV), embora apresente desempenho inferior ao PRFC, mostrou-se uma alternativa viável em termos econômicos, sendo eficaz em reforços moderados e em contextos que exigem resistência química com menor investimento.

Já a fibra de aramida (PRFA) oferece boa resistência à tração e impacto, sendo adequada para aplicações específicas que demandam

leveza e absorção de energia, como em zonas sísmicas ou ambientes com alto risco de impacto.

Do ponto de vista técnico, os três materiais apresentam compatibilidade com métodos modernos de aplicação, como a laminação a vácuo e o uso de resinas epóxi. Ainda assim, o sucesso das intervenções depende de um diagnóstico preciso das patologias estruturais e da escolha criteriosa do compósito, considerando as condições ambientais, a função estrutural e os recursos disponíveis.

Conclui-se, portanto, que o uso de materiais compósitos representa uma alternativa eficaz e promissora para a reabilitação e reforço de estruturas de concreto armado. Sua aplicação correta pode prolongar significativamente a vida útil das edificações, aumentar a segurança estrutural e contribuir para práticas mais sustentáveis na engenharia civil. Pesquisas futuras podem aprofundar a análise de desempenho desses materiais em campo, considerando variáveis como envelhecimento, fadiga e comportamento a longo prazo em diferentes condições climáticas.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15575-1: **Desempenho de edificações habitacionais** – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024.

ACI COMMITTEE 440. **Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures**. Detroit, 2008. (ACI 440R-08).

APPLETON, J. **Reabilitação da Fábrica ‘A Napolitana’**: Técnicas e soluções para melhorar o desempenho estrutural. Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, 2022. Disponível em: [https://www.lisboa.pt/fileadmin/portal/temas/seguranca/sismos/programa\\_resist/formacao\\_2022/ReabilitacaodaFabrica\\_A\\_Napolitana\\_Rui\\_Pombo.pdf](https://www.lisboa.pt/fileadmin/portal/temas/seguranca/sismos/programa_resist/formacao_2022/ReabilitacaodaFabrica_A_Napolitana_Rui_Pombo.pdf). Acesso em: 27 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16941: Fibras de vidro álcali-resistentes (AR) para concreto e argamassa – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16942: **Fibras poliméricas para concreto** – Requisitos e métodos de ensaio. Salvador: 2b Educação, 2020.

AMARAL, V. G. H. et al. **Análise numérica de vigas de concreto armado com barras de GFRP: uma revisão sistemática da literatura.** *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 20, n. 2, p. 64-79, 2024.

BUENO, C. N. M. et al. **Influência nas propriedades de concretos de pós-reativos com a incorporação de fibras de aramida**, 2021.

BONIFÁCIO, Diego Rodrigues et al. **análise sobre ataques por sulfatos ao concreto de fundações.** *revista de engenharia e tecnologia*, v. 14, n. 4, 2022.

DIONÍSIO, C.; QUARESMA, P. **Eficácia de técnicas e produtos de reabilitação em estruturas de concreto armado – uma revisão bibliográfica**, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/376606838>. Acesso em: 27 fev. 2025.

DIONÍSIO, I. S.; QUARESMA, J. E.; FLORIAN, F. **Eficácia de técnicas e produtos de reabilitação em estruturas de concreto armado: uma revisão bibliográfica.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 1, p. e414745, 2023.

FRANCO, M. G. et al. **Avaliação dos parâmetros de instabilidade global em estruturas de concreto armado**, 2023.

FUGIYAMA, M. M. et al. **Estudos numérico-experimentais de vigas de concreto armado com reforço de fibra de carbono.** *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 26, p. e13093, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.1393>. Acesso em: 25 abril 2025.

GARCIA, R.; SILVA, L.; MARTINS, P. **Structural reinforcement techniques for aging infrastructure: a review.** *Journal of Building Engineering*, v. 32, p. 101732, 2020.

GONÇALVES, L. A. **Análise de falhas nas etapas executivas da construção civil.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LEAL, L. L. S.; FAGUNDES, F. **Reforço estrutural com fibra de carbono.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*,

Ano 05, Ed. 11, p. 31-46, nov. 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/fibra-de-carbono>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MARTELLO, A.; BLEICHVEL, N. C. T. **Análise sobre o uso de fibra de carbono e aramida em reforço estrutural**. *IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia de Informação*, p. 19-39, 2020.

MARTINS, Debora Kelly Garcia. **Corrosão de armaduras em concreto armado**. *CONSTRUINDO*, v. 14, n. 2, 2022.

MARUYAMA, L. C. M. Estudo de caso: **reparo e reforço estrutural de um edifício residencial utilizando fibra de carbono**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NASCIMENTO, ERS; FONTES, MD de S. **Patologias nas estruturas de concreto armado**. *Revista FATEC de tecnologia e ciências*, v. 6, n. 1, 2021.

NETO, L. L.; SANTANA, L. **A influência das manifestações patológicas na avaliação de imóveis**. *Revista Novos Desafios*, v. 4, n. 1, p. 17-27, 2024.

NETO, T. G. P. et al. **Análise teórica comparativa entre os tipos de reforço estrutural aplicados em vigas de concreto armado**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, p. e20101320182, 2021.

PEREIRA, C. V. L.; ALVES, L. R.; REZENDE, M. L. **Aplicações de fibra de aramida em compósitos: uma revisão de dissertações e teses brasileiras**. *Disciplinarum Scientia – Naturais e Tecnológicas*, v. 25, n. 2, p. 1-14, 2024.

PERÔNICA, D. S. et al. **Análise teórico-numérica de vigas de concreto armado com barras de aço e de polímeros reforçados com fibras de vidro, carbono e aramida**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 13, p. e177111334863, 2022.

SENA, G. O.; NASCIEMENTO, M. L. M.; NETO, A. C. N. **Patologia nas construções**. Salvador: 2b Educação, 2020.

SOUZA, B. V.; SILVA, J. M.; MOREIRA, K. C. B.; LOPES, S. C. **Vantagens e desvantagens da utilização da fibra de vidro no concreto**

**armado: uma revisão bibliográfica.** *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 11, 2023. ISSN 2178-6925.

WANG, Y.; ZHANG, X.; LI, J. **Recent advances in polymer matrix composites:** from design to applications. *Composites Science and Technology*, v. 213, p. 108944, 2021.

WEIBULL, Jon Karl et al. **projeto de durabilidade para concreto armado exposto a carbonatação.** *Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula*, v. 4, n. 1, p. 92-107, 2021.

ZANOTO, C.; ROTTER, L. C. S.; CAMPOS, H. F. **Análise comparativa de desempenho entre os sistemas construtivos em concreto armado, alvenaria estrutural e Light Wood Frame.** *Revista Principia*, n. 57, p. 76-85, 2021.

## CAPÍTULO 14

### SUSTENTABILIDADE NO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E DESAFIOS

#### *SUSTAINABILITY IN THE USE OF WOOD IN CONSTRUCTION: ENVIRONMENTAL BENEFITS AND CHALLENGES*

##### **Caio Rhavel da Silva Amorim**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI  
<https://orcid.org/0009-0001-4490-7682>  
[caiorhavel99@gmail.com](mailto:caiorhavel99@gmail.com)

##### **Josielle Castelo Branco Fontenele Ramos**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI  
<https://orcid.org/0009-0002-4490-8216>  
[josiellecastelobranco@hotmail.com](mailto:josiellecastelobranco@hotmail.com)

##### **Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI  
<https://orcid.org/0000-0002-4577-2173>  
[marcilio@chrisfapi.com.br](mailto:marcilio@chrisfapi.com.br)

##### **Guilherme de Carvalho Amaral**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI  
<https://orcid.org/0006-0007-6082-3614>  
[guilhermecarvalhoaz9@gmail.com](mailto:guilhermecarvalhoaz9@gmail.com)

##### **Amanda Hellen de Sousa Amaral**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI  
Piripiri-PI  
<https://orcid.org/0009-0007-3475-9196>  
[amandahellenamaral@hotmail.com](mailto:amandahellenamaral@hotmail.com)

**João de Deus Carvalho Filho**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0003-4812-8452>

[comunicaçãochrisfapi@gmail.com](mailto:comunicaçãochrisfapi@gmail.com)

**Neirigelson Ferreira de Barros Leite**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-6505-1368>

[neirigelson@chrisfapi.com.br](mailto:neirigelson@chrisfapi.com.br)

**Maria dos Remédios Magalhães**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-7066-5011>

[magalhãesantosjl@gmail.com](mailto:magalhãesantosjl@gmail.com)

**Domingos Sávio do Nascimento**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0002-8580-8783>

[saviomatem@yahoo.com.br](mailto:saviomatem@yahoo.com.br)

**Wanderson Rocha Carvalho**

Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI

Piripiri-PI

<https://orcid.org/0000-0001-5278-1329>

[wanderson\\_vitoria2010@hotmail.com](mailto:wanderson_vitoria2010@hotmail.com)

**RESUMO**

O uso da madeira na construção civil tem se destacado por seu potencial sustentável e por oferecer vantagens como leveza, eficiência térmica e acústica, além de permitir montagens estruturais mais rápidas. Este artigo analisa as propriedades estruturais, durabilidade, viabilidade econômica e inovações tecnológicas que ampliam o



uso da madeira no setor. A pesquisa utilizou uma revisão bibliográfica sistemática de estudos publicados nos últimos 20 anos. Entre os destaques, estão as tecnologias da Madeira Laminada Colada (MLC) e da madeira laminada cruzada (CLT), que se mostram eficazes em projetos de médio e grande porte, especialmente aqueles com prazos curtos e exigência de alta eficiência construtiva. O artigo também aborda o uso de sensores para monitoramento estrutural e a integração do BIM como ferramentas que ampliam o potencial da madeira nas obras. No entanto, ainda existem desafios, como custos iniciais elevados, falta de regulamentações específicas e barreiras culturais, principalmente no Brasil. Conclui-se que a madeira é uma alternativa viável e sustentável, desde que acompanhada de políticas públicas de incentivo e conscientização do mercado. O estudo visa fortalecer o debate sobre construções mais responsáveis e fornecer suporte teórico para futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** madeira; construção civil; sustentabilidade; madeira laminada cruzada; inovações tecnológicas.

## ABSTRACT

The use of wood in civil construction has gained prominence due to its sustainable potential and advantages such as lightness, thermal and acoustic efficiency, and faster structural assembly. This article analyzes the structural properties, durability, economic feasibility, and technological innovations that expand wood usage in the sector. The research is based on a systematic literature review of studies published over the past 20 years. Highlights include glued laminated timber (GLT) and cross-laminated timber (CLT), which have proven effective in medium and large-scale projects, especially those with tight schedules and high construction efficiency demands. The article also addresses the use of sensors for structural monitoring and the integration of Building Information Modeling (BIM) as tools that enhance wood's application in construction. However, challenges remain, such as high initial costs, lack of specific regulations, and cultural barriers, particularly in Brazil. The study concludes that wood is a viable and sustainable alternative, provided it is supported by public policies and increased market awareness. This research aims to strengthen the discussion around more re-

sponsible construction practices and provide a solid theoretical foundation for future studies in the field.

**Keywords:** wood; civil construction; sustainability; cross-laminated timber; technological innovations.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil figura como um dos setores que mais consomem recursos naturais e geram resíduos, o que torna essencial a busca por soluções que aliem desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Dentro desse cenário, a madeira surge como uma alternativa de grande potencial. Por ser um material renovável, amplamente disponível em diversas regiões do mundo e extremamente versátil, ela desponta como uma opção estratégica para atender às exigências de práticas construtivas mais responsáveis.

Estudos apontam que a madeira oferece propriedades estruturais e funcionais que a colocam em posição competitiva frente a materiais tradicionais, como concreto e aço. Além de ser significativamente mais leve, o que pode reduzir custos relacionados ao transporte e às fundações, a madeira também apresenta vantagens em termos de isolamento térmico e acústico, contribuindo diretamente para o conforto dos ocupantes das edificações (Santos et al., 2018). Inovações tecnológicas, como o desenvolvimento da madeira laminada cruzada (CLT), têm expandido ainda mais suas aplicações, permitindo que esse material seja utilizado até mesmo em projetos arquitetônicos complexos e de grande escala (Ferreira et al., 2019). Dessa forma, a Figura 01 ilustra a construção com madeira laminada cruzada.

**Figura 01.** A ascensão da construção com Madeira Laminada Cruzada (CLT): sustentabilidade e eficiência em projetos modernos.



**Fonte:** LEVER Architecture

No entanto, o uso da madeira ainda enfrenta desafios importantes. Questões como a necessidade de tratamentos específicos para garantir sua durabilidade e resistência ao fogo permanecem como barreiras técnicas. Além disso, aspectos culturais também limitam sua aceitação em muitos mercados. No Brasil, por exemplo, há uma preferência consolidada pelo concreto e pelo aço, que são amplamente percebidos como materiais superiores. Isso evidencia a necessidade de esforços direcionados para conscientização e capacitação técnica no setor (Gomes, 2020; Mendes, 2021).

Os objetivos deste estudo são investigar os benefícios e os desafios relacionados ao uso da madeira na construção civil, com foco em suas propriedades estruturais, nas inovações tecnológicas asso-

ciadas e nas barreiras culturais que dificultam sua adoção. A justificativa para essa análise reside na crescente necessidade de promover práticas construtivas que reduzam o impacto ambiental, sem abrir mão de funcionalidade e eficiência econômica.

O artigo está estruturado em cinco seções principais. A introdução apresenta o tema, os objetivos e a justificativa do trabalho. Na segunda seção, a fundamentação teórica aborda conceitos e avanços no uso da madeira como material de construção. A terceira seção detalha os métodos empregados na revisão bibliográfica.

Em seguida, a quarta seção analisa os resultados, discutindo os benefícios e os obstáculos do uso da madeira no setor. Por fim, as considerações finais sintetizam as conclusões do estudo e oferecem sugestões para pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A madeira, enquanto material de construção, possui uma história milenar, mas seu potencial vem sendo redescoberto na contemporaneidade graças a avanços tecnológicos e à crescente demanda por soluções sustentáveis na construção civil. Estudos recentes apontam que, quando associada a inovações como a Madeira Laminada Colada (MLC) e laminada cruzada (CLT), a madeira se torna competitiva em relação a materiais tradicionais, como concreto e aço, tanto em desempenho estrutural quanto em eficiência funcional (Ferreira et al., 2019).

### 2.1 Propriedades Mecânicas e Funcionais

Entre os principais destaques da madeira estão suas propriedades mecânicas, como a alta resistência em relação ao peso, tornando-a ideal para estruturas leves e eficientes. Produtos engenheirados, como a CLT, combinam resistência com versatilidade, permitindo o uso da madeira em projetos arquitetônicos de grande escala e elevada complexidade estrutural (Fernandes; Oliveira, 2022). Além disso, a madeira oferece excelentes propriedades térmicas e acústicas, aumentando o conforto interno em edificações residenciais e comerciais (Santos et al., 2018).

Porém, o desempenho da madeira depende de fatores como a qualidade de seu processamento e sua aplicação em projetos específicos. Estudos indicam que a padronização de processos e a certificação são indispensáveis para garantir a segurança e a eficiência de estruturas de madeira, especialmente em contextos climáticos e culturais diversos (Mendes, 2021).

## 2.2 Tratamento e Durabilidade

O tratamento adequado é essencial para prolongar a durabilidade da madeira, sobretudo em ambientes com alta umidade, variações térmicas ou exposição a agentes biológicos. Técnicas modernas, como a impregnação com produtos químicos e tratamentos térmicos, tem se mostrado eficazes na extensão da vida útil da madeira, além de reduzirem custos futuros com manutenção e reparo (Moura et al., 2020).

Outro aspecto crucial é a proteção contra incêndios. Revestimentos retardantes de chama e o uso de materiais híbridos em combinação com a madeira têm alcançado resultados satisfatórios no cumprimento de normas de segurança estrutural (Nascimento, 2021). Contudo, essas soluções, embora eficazes, podem elevar significativamente os custos iniciais, tornando-se um desafio para projetos de orçamento limitado.

Além disso, boas práticas arquitetônicas, como evitar o contato direto da madeira com o solo e minimizar sua exposição a intempéries, são fundamentais para garantir maior durabilidade. Arquitetos e engenheiros desempenham um papel vital na maximização do desempenho desse material em construções (Silva et al., 2022).

## 2.3 Viabilidade Econômica e Sustentabilidade

Embora a madeira possa ser percebida inicialmente como um material de custo elevado, análises que consideram o ciclo de vida completo das construções mostram que ela pode ser mais econômica em longo prazo. Sua leveza reduz gastos com transporte e fundações,

enquanto a rapidez de montagem em sistemas modulares gera economias significativas (Carvalho; Pereira, 2019).

Além disso, por ser um recurso renovável, a madeira, desde que obtida de fontes certificadas e manejadas de forma sustentável, representa uma opção de baixo impacto ambiental. Certificações florestais, como a FSC (*Forest Stewardship Council*), são ferramentas essenciais para assegurar práticas de extração responsáveis, minimizando os impactos negativos ao meio ambiente (Lima; Freitas, 2022).

Entretanto, no Brasil, ainda há desafios relacionados à produção e comercialização de madeira certificada, o que pode prejudicar sua competitividade em comparação a outros materiais. Além disso, a falta de incentivos governamentais e políticas públicas específicas dificulta a popularização da madeira como solução viável para o setor da construção (Gomes, 2020).

## 2.4 Inovações Tecnológicas e Barreiras Culturais

Os avanços tecnológicos têm ampliado significativamente as possibilidades de aplicação da madeira na construção civil. Ferramentas digitais como o BIM (*Building Information Modeling*) permitem maior precisão no planejamento e execução de projetos, aumentando a eficiência e reduzindo erros (Moura; Oliveira, 2021). Sensores e dispositivos de monitoramento também têm sido incorporados a estruturas de madeira, possibilitando a identificação precoce de problemas como umidade excessiva e tensões mecânicas (Campos et al., 2022).

Apesar desses avanços, barreiras culturais ainda representam um desafio relevante. Em muitos países, incluindo o Brasil, o concreto e o aço continuam sendo vistos como materiais mais confiáveis, mesmo quando a ciência comprova que a madeira pode oferecer desempenho similar em diversas aplicações (Mendes, 2021). Para superar essas resistências, é indispensável investir em programas de capacitação técnica e campanhas de conscientização que desmistifiquem o uso da madeira e incentivem sua adoção em larga escala.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, com foco na análise de artigos científicos e estudos de caso sobre o uso da madeira na construção civil. O principal objetivo foi reunir e organizar informações relevantes para responder às questões de pesquisa relacionadas às propriedades da madeira, os desafios enfrentados em sua aplicação e as inovações tecnológicas associadas a esse material. A metodologia foi cuidadosamente planejada para garantir consistência e confiabilidade nos resultados, seguindo as normas acadêmicas mais reconhecidas.

##### 3.1.1 Estratégias de busca e seleção dos estudos

As referências foram coletadas em bases de dados acadêmicas renomadas, como *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*. Para a busca, foram utilizados termos relacionados ao tema central, como:

- “madeira na construção civil”;
- “tecnologias de madeira engenheirada”;
- “viabilidade econômica da madeira”;
- “tratamento e durabilidade da madeira”.

Critérios rigorosos de inclusão e exclusão foram estabelecidos para assegurar a relevância dos estudos selecionados:

- Critérios de Inclusão: Trabalhos publicados nos últimos 20 anos, revisados por pares e que abordassem tópicos como propriedades estruturais, inovações tecnológicas, desafios econômicos e culturais no uso da madeira;
- Critérios de Exclusão: Estudos que focassem exclusivamente em questões ambientais, como emissões de carbono, foram descartados, já que não atendiam diretamente aos objetivos do estudo.

### 3.1.2 Organização e análise dos dados

Os artigos selecionados foram organizados em categorias temáticas, facilitando a análise e permitindo uma abordagem mais estruturada:

- Propriedades mecânicas e funcionais da madeira;
- Técnicas de tratamento e durabilidade;
- Viabilidade econômica e práticas construtivas;
- Avanços tecnológicos e desafios culturais.

Cada artigo foi avaliado com base em sua relevância para os temas propostos. A análise crítica buscou identificar pontos de convergência e divergência entre os estudos, além de destacar lacunas na literatura que poderiam servir de base para futuras pesquisas.

Essa abordagem garantiu uma visão ampla e aprofundada do tema, promovendo um alinhamento claro entre os objetivos da pesquisa e os resultados discutidos nas seções subsequentes.

### 3.1.3 Ferramentas e técnicas utilizadas

Para assegurar a precisão e a organização dos dados, foram empregadas ferramentas computacionais amplamente reconhecidas na pesquisa acadêmica: Microsoft Excel e Microsoft Word.

### 3.1.4 Limitações da metodologia

Apesar do rigor metodológico adotado, algumas limitações foram identificadas ao longo do estudo:

- Dependência de Dados Secundários: A análise baseou-se exclusivamente em literatura existente, sem a coleta de dados primários, o que pode restringir a aplicabilidade prática dos resultados;
- Idioma dos Estudos: Apenas artigos publicados em português e inglês foram incluídos, o que pode ter resultado na exclusão de estudos relevantes publicados em outros idiomas;



- Foco Regional: Grande parte dos estudos analisados concentra-se em regiões como Europa e América do Norte, o que pode não representar plenamente o contexto brasileiro.

Essas limitações não comprometem os resultados alcançados, mas reforçam a necessidade de estudos futuros que considerem uma abordagem mais abrangente e representativa, especialmente do contexto local.

## 3.2 Resultados e Discussão

### 3.2.1 Propriedades mecânicas e funcionais da madeira

A madeira é amplamente reconhecida por sua eficiência estrutural, especialmente em relação à densidade. Trata-se de um dos materiais mais eficazes para estruturas leves, graças à sua elevada resistência proporcional ao peso. Estudos recentes demonstram que, quando tratada e processada de forma adequada, a madeira pode apresentar resistência comparável a materiais convencionais, como concreto e aço (Santos et al., 2018).

O desenvolvimento de produtos engenheirados, como a Madeira Laminada Colada (MLC) e laminada cruzada (CLT), tem ampliado as possibilidades de uso da madeira em projetos arquitetônicos de alta complexidade e em edifícios de múltiplos andares. Esses avanços têm sido particularmente importantes para o fortalecimento da imagem da madeira como um material competitivo no cenário da construção civil moderna (Fernandes; Oliveira, 2022).

Adicionalmente, a madeira oferece vantagens funcionais significativas. Suas propriedades térmicas e acústicas tornam-na uma escolha ideal para edificações que buscam maior conforto interno, especialmente em regiões de climas extremos. Em um estudo comparativo, Carvalho e Pereira (2019) evidenciaram que a madeira é mais eficiente na retenção de calor e na absorção de ruídos quando comparada a materiais como o concreto, o que a posiciona como uma solução superior para edificações residenciais e comerciais.

Entretanto, a falta de padronização técnica e a ausência de treinamentos específicos para profissionais da área limitam sua apli-

cação em larga escala. Mendes (2021) destaca que a implementação de normas técnicas claras é essencial para aumentar a confiabilidade e a competitividade da madeira no setor da construção.

### 3.2.2 Tratamento e durabilidade

A durabilidade da madeira é um dos desafios mais relevantes para sua utilização na construção civil, especialmente em ambientes onde há alta umidade ou presença de agentes biológicos, como fungos e insetos. Moura et al. (2020) destacam que, sem tratamento adequado, esses fatores podem comprometer tanto a integridade estrutural quanto o desempenho funcional do material. Para mitigar esses problemas, diferentes técnicas modernas de tratamento têm sido adotadas:

- **Tratamentos Químicos:** Impregnações com compostos à base de borato têm mostrado alta eficácia no combate a pragas, como cupins, e no controle de fungos (Ferreira et al., 2019);
- **Tratamentos Térmicos:** Processos de aquecimento controlado alteram a composição química da madeira, aumentando sua resistência à degradação ambiental (Nascimento, 2021).

Outra preocupação importante é a proteção contra incêndios. A aplicação de revestimentos retardantes de chama tem mostrado resultados promissores na melhoria da segurança estrutural da madeira, permitindo sua utilização até mesmo em construções urbanas densas (Silva et al., 2022). Apesar disso, o custo elevado dessas soluções ainda representa um obstáculo, especialmente para projetos com orçamentos limitados.

Além dos tratamentos, práticas construtivas adequadas, como o uso de barreiras de vapor e a redução do contato direto da madeira com o solo, são fundamentais para prolongar sua vida útil em condições adversas (Campos et al., 2022).

### 3.2.3 Viabilidade econômica

Embora exista a percepção de que a madeira apresenta custos iniciais elevados, estudos que analisam o ciclo de vida completo

das construções mostram vantagens econômicas claras. A leveza da madeira reduz os custos associados ao transporte e às fundações, enquanto sua utilização em sistemas modulares acelera significativamente os prazos de construção (Carvalho; Pereira, 2019).

Costa e Ribeiro (2021) demonstraram, em um estudo, que projetos comerciais utilizando madeira engenheirada apresentaram uma redução média de 30% no tempo de execução em comparação com métodos convencionais. Isso reforça a viabilidade econômica da madeira, principalmente em contextos que demandam rapidez e eficiência construtiva.

No entanto, no Brasil, a competitividade da madeira ainda é limitada por fatores como a escassez de madeira certificada e a ausência de incentivos governamentais que promovam sua produção e comercialização sustentável. Gomes (2020) argumenta que a criação de políticas públicas robustas é essencial para expandir o uso da madeira e garantir sua competitividade no mercado.

### 3.2.4 Inovações tecnológicas

Os avanços tecnológicos têm desempenhado um papel crucial na expansão do uso da madeira na construção civil. Ferramentas como o BIM (*Building Information Modeling*) permitem maior precisão no planejamento e execução de projetos, otimizando a integração entre equipes e reduzindo desperdícios (Moura; Oliveira, 2021).

Além disso, sensores inteligentes têm sido incorporados em estruturas de madeira para monitorar, em tempo real, condições como umidade e tensões mecânicas. Essa tecnologia é especialmente útil em regiões com alta umidade, onde o risco de degradação estrutural é maior (Campos et al., 2022).

Outra inovação relevante é o uso de materiais híbridos, que combinam madeira com componentes de concreto ou metálicos. Essa combinação aumenta a resistência estrutural sem comprometer os benefícios ambientais e a sustentabilidade da madeira (Nascimento, 2021). Apesar dessas inovações, a adoção dessas tecnologias ainda enfrenta desafios relacionados a custos elevados e à falta de profissionais capacitados.

### 3.2.5 Barreiras culturais e políticas públicas

As barreiras culturais continuam sendo um dos maiores desafios para a adoção da madeira como material de construção em larga escala. No Brasil, assim como em outros países, materiais como concreto e aço ainda são amplamente vistos como mais confiáveis, mesmo com evidências científicas indicando que a madeira pode oferecer desempenho similar ou superior em muitas aplicações (Mendes, 2021).

Superar essas barreiras exige esforços coordenados entre governo, setor privado e academia. Programas de capacitação técnica, aliados a campanhas educativas que enfatizem os benefícios econômicos e ambientais da madeira, podem contribuir para mudar essa percepção (Lima; Freitas, 2022).

### 3.2.6 Discussão crítica

Os resultados apontam que a madeira é uma alternativa viável, sustentável e eficiente para a construção civil. No entanto, sua implementação em larga escala exige avanços tecnológicos contínuos, o desenvolvimento de políticas públicas consistentes e uma mudança cultural significativa. Embora os desafios sejam substanciais, o potencial da madeira para transformar o setor da construção civil é inegável, especialmente em um contexto de crescente demanda por práticas construtivas mais responsáveis e sustentáveis.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A madeira, amplamente utilizada ao longo da história da construção, tem reaparecido como uma alternativa relevante diante das demandas contemporâneas por sustentabilidade e eficiência no setor da construção civil. Este estudo analisou as principais vantagens, inovações tecnológicas e desafios associados ao uso da madeira, com foco em sua aplicação prática em projetos arquitetônicos e estruturais.

Os resultados da revisão indicam que a madeira engenheirada, como a madeira laminada cruzada (CLT) e laminada colada (MLC), apresenta características estruturais competitivas em relação a ma-

teriais tradicionais. Entre suas vantagens, destacam-se a leveza, a eficiência térmica e acústica e a rapidez na montagem de estruturas, qualidades que podem torná-la atrativa em um contexto de crescente busca por soluções construtivas mais sustentáveis e funcionais.

Contudo, desafios importantes ainda precisam ser superados para que a madeira alcance uma adoção mais ampla no setor. Questões como durabilidade em condições adversas, resistência ao fogo, limitações culturais e econômicas, além da escassez de políticas públicas específicas, restringem sua competitividade em determinados mercados. Para enfrentar esses obstáculos, é necessária uma abordagem integrada, baseada em três pilares principais:

- Políticas Públicas: Incentivar o uso de madeira certificada, reduzir encargos tributários para materiais sustentáveis e estabelecer normas técnicas claras e adaptadas às especificidades do material;
- Capacitação Técnica: Promover treinamentos voltados para arquitetos, engenheiros e construtores, com foco em práticas que assegurem o uso eficiente, seguro e econômico da madeira;
- Avanços Tecnológicos: Investir em inovações como sensores inteligentes, materiais híbridos e técnicas avançadas de tratamento que ampliem a durabilidade e a segurança da madeira em aplicações práticas.

Embora os resultados indiquem que a madeira tem potencial para desempenhar um papel significativo na transformação da construção civil, seu sucesso depende de esforços conjuntos entre indústria, academia e governo. A implementação de políticas e práticas voltadas para a sustentabilidade e a eficiência poderá ajudar a superar os desafios técnicos e culturais que ainda limitam o uso da madeira em larga escala.

Este estudo buscou contribuir para o avanço do conhecimento sobre o tema ao oferecer uma análise abrangente e atualizada sobre o uso da madeira na construção civil. No entanto, ainda há lacunas que precisam ser exploradas. Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Estudos experimentais que avaliem o desempenho de novas tecnologias e tratamentos em condições climáticas extremas;

- Análises comparativas do ciclo de vida completo da madeira em relação a materiais tradicionais, considerando aspectos econômicos e ambientais;
- Investigações regionais sobre a viabilidade econômica da madeira em diferentes mercados, especialmente em países emergentes onde o acesso ao material certificado pode ser limitado.

A madeira, enquanto material renovável, versátil e alinhado às demandas por práticas construtivas responsáveis, apresenta-se como uma solução promissora para a construção civil. Sua adoção, no entanto, requer esforços coordenados que garantam o equilíbrio entre as necessidades ambientais e as exigências do mercado, tornando o setor mais preparado para os desafios globais da sustentabilidade.

## REFERENCIAS

ARAÚJO, R.; SILVA, L.; COSTA, M. **Eficiência econômica da madeira engenheirada em edificações comerciais**. Revista Brasileira de Engenharia Civil, 2020.

CAMPOS, P.; GOMES, T.; FREITAS, R. **Monitoramento estrutural em edificações de madeira: avanços tecnológicos**. Ciência e Tecnologia da Construção, 2022.

CARVALHO, J.; PEREIRA, S. **Aplicações estruturais da madeira laminada cruzada: estudo de caso**. Engenharia e Sustentabilidade, 2019.

COSTA, H.; RIBEIRO, J. **Redução de custos e prazos com sistemas modulares de madeira**. Arquitetura Sustentável Internacional, 2021.

FERNANDES, A.; OLIVEIRA, P. **Inovações na utilização da Madeira Laminada Colada em edifícios altos**. Jornal de Construção e Sustentabilidade, 2022.

FERREIRA, M.; SANTOS, D. **Tratamentos químicos e térmicos para aumento da durabilidade da madeira**. Revista de Engenharia de Materiais, 2019.

GOMES, T. **Barreiras culturais no uso da madeira na construção civil brasileira**. Estudos em Construção e Ambiente, 2020.

LIMA, S.; FREITAS, L. **Cenário atual da madeira certificada no Brasil**. Jornal Brasileiro de Construção Sustentável, 2022.

MENDES, J. **Normas técnicas e certificações para o uso da madeira em estruturas de grande porte**. Engenharia Estrutural Contemporânea, 2021.

MOURA, F.; OLIVEIRA, G. Modelagem BIM para otimização de projetos com madeira engenheirada. **Tecnologia da Construção Sustentável, 2021**.

SANTOS, V.; ALMEIDA, C. Conforto térmico e acústico em edificações residenciais de madeira. **Revista Brasileira de Arquitetura e Sustentabilidade**, 2018.

SILVA, H.; COSTA, A. **Normas técnicas para uso sustentável da madeira na construção**. Ciência e Engenharia de Materiais, 2022.

SOUZA, E.; PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Comparação entre madeira, concreto e aço em construções de médio porte**. Jornal de Engenharia Civil, 2020.

## SOBRE OS ORGANIZADORES



**Guilherme Antônio Lopes de Oliveira**

Doutor em Biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia - UFPI, com estágio de Doutorado Sanduíche no Departamento de Farmacologia da Universidade de Sevilla - Espanha. Especialista em Docência do Ensino Superior e em Análises Clínicas e Microbiologia pela Universidade Cândido Mendes. Bacharel em Biomedicina pela Faculdade Maurício de Nassau/Aliança. Tem experiência em Bioprospecção de Produtos Naturais com ênfase em Antioxidantes e Anti-inflamatórios. Professor na Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI. Defendeu a Tese de Doutorado aos 26 anos, foi considerado um dos doutores mais jovens do Brasil gerando grande repercussão nacional e internacional em decorrência da história de superação. Foi condecorado com a Insígnia de Comendador da Ordem do Mérito Renascença do Estado do Piauí. Concedeu entrevistas à nível nacional como no Programa Encontro com Fátima Bernardes da Rede Globo e o Programa Domingo Espetacular da Record TV. Mais informações podem ser conferidas na aba Produção - Produção Técnica - Entrevistas, Mesas-redondas, programas e comentários na mídia. Contato no Instagram: @drguilhermelopes





**Maria dos Remédios Magalhães Santos**

Mestra em Administração com ênfase no Ensino Superior - Faculdade Pedro Leopoldo (FPL/MG). Especialista em Docência do Ensino Superior pela Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI (2016). Pós-graduada em Coordenação Pedagógica e Planejamento pela Faculdade do Noroeste de Minas (2012). Especialista em Educação Profissional Integrada à Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos - PROEJA - pelo Centro Federal Tecnológico do Piauí - CEFET/PI (2009). Especialista em Metodologia da Leitura e Escrita pela Universidade Estadual do Piauí - UESPI/PI (2005). Licenciada em Pedagogia pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR - 2023). É Bacharela em Serviço Social pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR - 2022). Possui graduação em Licenciatura Plena em Letras/Português pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI/PI - 2001). É membro do Colegiado da Pós-graduação da Christus Faculdade do Piauí - CHRISFAPI. Coordenadora da Comissão Própria de Avaliação - CPA - Christus Faculdade do Piauí - CHRISAFPI. É docente da Christus Faculdade do Piauí - CHRISAFPI. Docente da Secretaria Municipal de Educação (Ensino Fundamental - Séries Finais). Docente efetiva na Unidade Escolar Cristo, professora de Português no Ensino fundamental (Séries finais) e Gramática no Ensino Médio. Atualmente é acadêmica do curso SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CIÊNCIA DA FELICIDADE pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR - 2024). Atualmente ministra as disciplinas de Comunicação e Expres-

são nos cursos de Bacharelado em Enfermagem, Fisioterapia e Psicologia. Em Medicina Veterinária leciona a disciplina de Português Instrumental e no curso de Bacharelado em Direito ministra as disciplinas de Linguagem jurídica, Metodologia da Pesquisa jurídica, Monografia e Atividades Curriculares de Extensão (ACE) - EIXO DIREITOS E GARANTIAS SOCIAIS - PROJETOS GARANTIAS DO DIREITO DO IDOSO, CRIANÇA E DO ADOLESCENTE.



**Marcílio Gonçalves de Farias Pereira**

Mestrado em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Piauí (2017); Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Boa Viagem - Pernambuco (2007); Graduado em Licenciatura Plena em Química pela Universidade Estadual do Piauí (2003); Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (2018). Experiência Docente na Educação Básica ( Química Geral, Físico- Química, Química Orgânica); Educação Profissional Técnico de Nível Médio (Tecnologia de Materiais, Óleos Lubrificantes, Higiene, Saúde e Segurança do Trabalho); Ensino Superior Vinculado à programas especiais da Universidade Estadual do Piauí e da Universidade Federal do Piauí (Química Inorgânica, Química Orgânica, Metodologia e Prática do Ensino de Química); Ensino Superior em Cursos de Graduação em Engenharia Civil (Estruturas de Concreto Armado, Estruturas de Pontes, Alvenaria Estrutural, Estruturas Metálicas, Hidráulica Geral e Instalações Elétricas); Ensino de Pós-Graduação Latu Senso (Metodologia da Pesquisa Científica, Metodologia e Prática do Ensino das Ciências da Natureza). Atuação em Gestão e Políticas Públicas em órgãos Federais, Estaduais e Municipais: Educação; Habitação e Regularização Fundiária; Desenvolvimento Rural; Agricultura Familiar; Meio Ambiente.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acompanhamento, 45  
Alvenaria Estrutural, 168  
Alvenaria Tradicional, 131  
Aprendizado, 195

### B

BIM, 183  
Boas Práticas, 212

### C

Cálculo I, 195  
Cocais Piauiense, 212  
Comparação, 15, 131, 168  
Comparação de tipologias, 92  
Compatibilização de projetos, 183  
Construção civil, 183  
Construção Civil, 212  
Contenção, 68  
Custo, 68

### D

Deflexão, 33  
Deformação, 33  
Desempenho, 288  
Desenvolvimento, 252  
Desenvolvimento Regional, 108  
Dimensionamento, 68

### E

Edificações residenciais, 92  
Eficiência Econômica, 131  
Energias Limpas, 252

Engenheiro Civil, 45

Estruturas de Concreto Armado, 15  
Estruturas Pré-moldadas, 108  
Evolução, 15

### F

Fissuras, 92

### G

Gerenciamento de Resíduos, 212

### L

Linha Elástica, 33

### M

Materiais Compósitos, 288  
Matriz Energética, 252  
Metodologias ativas, 195

### N

NBR 6118, 15

### O

Obra, 45

### P

Painéis Monolíticos, 131  
Patologias construtivas, 92  
Piauí, 252  
Potencial, 252  
Propriedades, 288

## **Q**

Qualidade, 45

## **R**

Reabilitação, 288

Reforço, 288

Resistência, 68

## **S**

Sistemas Construtivos, 131

Solo, 68

Steel Frame, 168

Supervisão Técnica, 45

Sustentabilidade, 183, 212

## **T**

Território dos Cocais Piauiense,  
108

## **V**

Viabilidade Técnica, 108

Viga bi apoiada, 33

