

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL HOFFMANN MAZETTO**

**IMPACTOS E TRANSTORNOS GERADOS DEVIDO UMA MÁ EXECUÇÃO DE  
OBRA**

**GUARAPUAVA  
2023**

**GABRIEL HOFFMANN MAZETTO**

**IMPACTOS E TRANSTORNOS GERADOS DEVIDO UMA MÁ EXECUÇÃO DE  
OBRA**

**Impacts and disorders generated due to poor execution of work**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Ms. Dyorgge Alves Silva

**GUARAPUAVA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL HOFFMANN MAZETTO**

**IMPACTOS E TRANSTORNOS GERADOS DEVIDO UMA MÁ EXECUÇÃO DE  
OBRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 13 de dezembro/ 2023

---

Prof.º Dyorgge Alves Silva  
Mestre  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof.ª Camila Isaton  
Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof.ª Andreza Frare  
Mestre  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter iluminado e guiado todo o meu caminho durante essa longa jornada, sem ele nada seria possível.

Ao meu estimado orientador, Ms. Dyorgge Alves Silva, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, cuja orientação, apoio e expertise foram fundamentais para a realização deste trabalho. Sua dedicação foi verdadeiramente enriquecedora para o meu desenvolvimento acadêmico.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por me proporcionar um ambiente propício ao aprendizado, incentivando a pesquisa e a participação em projetos de extensão que ampliaram minha visão acadêmica, prática e profissional.

À minha família, em especial, a minha mãe e meus avós, cujo amor, apoio incondicional e sacrifícios foram a luz durante toda esta jornada. Suas palavras de incentivo e apoio que sempre incentivou para vencer todas as barreiras impostas.

Aos meus amigos, verdadeiros pilares desta conquista, que estiveram ao meu lado com seu apoio, compreensão e ânimo, tornando cada passo mais leve e cada desafio mais alcançável durante a graduação.

Esta conquista não seria possível sem o suporte e encorajamento de cada um de vocês. Meu profundo agradecimento por fazerem parte desta jornada e por tornarem este momento possível e tão especial.

## RESUMO

Através de um estudo de caso de uma casa residencial de único pavimento abordou-se as falhas estruturais presentes numa obra que não teve acompanhamento devido de profissional habilitado para tal. Com as pesquisas bibliográficas foi possível evidenciar a importância deste profissional na execução de uma obra com segurança de forma a minimizar custos, aumentar a segurança e proporcionar a execução de um cronograma de obras sem a interferência de intervenções nas falhas de execução. Neste estudo de caso foram observados 8 principais erros, contando com falhas na concretagem, ausência de vigas e pilares, subdimensionamento de viga, vergas sem sustentação causando fissuras já na fase inicial. Sendo todas estas falhas classificadas como muito graves segundo a metodologia de escala de impacto dos riscos de projeto e exigindo interferências significativas em questão financeira, com custos em torno de R\$11.800,00. Com o levantamento evidenciou-se a necessidade da elaboração de um projeto estrutural efetivo, devidamente detalhado e principalmente a necessidade de um acompanhamento adequado na obra com engenheiro civil ou profissional apto de forma a garantir a eficiência da execução.

**Palavras-chave:** Execução; acompanhamento; projeto estrutural.

## **ABSTRACT**

Through a case study of a single-story residential house, the structural flaws present in a project that were not properly monitored by a qualified professional were addressed. With bibliographical research, it was possible to highlight the importance of this professional in executing a work safely in order to minimize costs, increase safety and provide the execution of a work schedule without the interference of interventions in execution failures. In this case study, 8 main errors were observed, including failures in concreting, absence of beams and pillars, undersized beams, unsupported lintels causing cracks in the initial phase. All of these failures are classified as very serious according to the project risk impact scale methodology and require significant interference in financial matters, with costs around R\$11,800.00. The survey revealed the need to prepare an effective, properly detailed structural project and, above all, the need for adequate monitoring of the work by a civil engineer or qualified professional in order to guarantee the efficiency of execution..

**Keywords: Execution; supervision; structural design.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Caminho Crítico de Projeto .....	16
Figura 2 – Os tipos de pilar de concreto variam de acordo com a finalidade do projeto e com a localização deste elemento estrutural na obra.....	22
Figura 3 – Armadura de viga.....	23
Figura 4 – Distribuição de esforços em lajes.....	23
Figura 5 – Fluxograma do trabalho .....	28
Figura 6 – Planta baixa do estudo de caso exibindo pilares e vigas .....	29
Figura 7 - Planta baixa do estudo de caso das lajes .....	30
Figura 8 – Vigas e pilares executados.....	32
Figura 9 – Falhas de Execução.....	33
Figura 10 – Armadura exposta no pilar e deficiência na concretagem visão geral - Falha 1.0 .....	34
Figura 11 – Viga do corredor não executada – Falha 2.0.....	35
Figura 12 – Viga finalizando nos tijolos – Falha 3.0 .....	36
Figura 13 – Lavadeira com laje concretada apoiada em tijolos – Falhas 4.0 e 5.0 ..	36
Figura 14 - Viga com vão de 4,22 metros com base de 14 cm e altura 9 cm extremo com verga em L – Falha 6.0.....	37
Figura 15 – Viga com vão de 4,22 metros com base de 14 cm e altura 9 cm – Falha 6.0 .....	37
Figura 16 – Fissuras e e trincas na verga da janela em “L”– Falha 7.0.....	38
Figura 17 – Falha na concretagem com armadura exposta da verga da janela em “L” .....	38
Figura 18 - Verga da janela em “L” não conectada com pilares apresentando trincas – Falha 7.0 .....	39
Figura 19 – Pilarete de platibanda exibindo falha na concretagem – Falha 8.0 .....	39
Figura 20 – Reforços de viga .....	43

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Exemplo de escala de impacto dos riscos de projeto.....	27
Tabela 1 - Resumo de incompatibilidades da execução com projeto.....	33
Tabela 2 – Análise das falhas da execução com projeto.....	40
Quadro 02 – Resumo de proposta de intervenções .....	44



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo Geral .....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1 Presença de profissional capacitado para acompanhamento de obra .....	17
2.2 Projeto estrutural .....	20
2.2.1 Elementos Estruturais .....	21
2.2.2 Projeto e Responsabilidade do Projetista .....	24
2.3 Problemas comuns de execução de obras.....	24
2.4 Gerenciamento de Riscos .....	26
2.4.1 Análise de Riscos .....	26
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 Parâmetros iniciais do Estudo de Caso.....	29
3.1.2 Análise da execução inicial do projeto estrutural.....	30
3.2 Proposta de Solução.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	32
4.1 Caracterização da obra analisada.....	32
4.2 Análise dos problemas mapeados.....	40
4.3 Possíveis causas dos erros.....	41
4.4 Proposta de reparos .....	41
5 CONCLUSÕES.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma área intrinsecamente relacionada à segurança, durabilidade e funcionalidade das estruturas edificadas. O processo de concepção e execução de projetos estruturais e sua devida execução é crucial para garantir a estabilidade e integridade das edificações (Oliveira e Silva, 2020; Smith *et al.*, 2021).

No entanto, a realização de projetos sem o devido acompanhamento técnico e juntamente com execução inadequada podem resultar em falhas estruturais significativas, comprometendo não apenas a segurança dos ocupantes, mas também gerando impactos econômicos e ambientais (Johnson e Garcia, 2019).

No levantamento abordado pelos autores De Oliveira e De Oliveira (2021) indica que patologias comuns encontradas em edificações de até 400m<sup>2</sup>, possui como principais causas erros relacionados durante a etapa de execução da obra. Sendo uma das questões relacionadas a má gestão e planejamento de obras, além da precariedade de mão-de-obra. Mostrando assim a necessidade do acompanhamento de supervisão de obra qualificada visando reduzir estas falhas.

A importância do planejamento e execução adequada de projetos estruturais na construção civil é uma preocupação destacada por diversos estudos recentes. (Alves e Santos, 2021). A negligência ou a incompletude na concepção e implementação desses projetos não apenas comprometem a estabilidade e segurança das edificações, mas também acarretam uma série de problemas adicionais.

É relevante ressaltar que problemas estruturais não se limitam apenas a questões de segurança imediata, falhas estruturais podem resultar em custos consideráveis de manutenção e reparo, afetando a durabilidade e a funcionalidade da edificação ao longo do tempo (Santos e Lima, 2019). Além disso, tais falhas podem gerar desconfiança do público em relação à indústria da construção, minando a credibilidade dos profissionais e das instituições envolvidas (Almeida e Souza, 2020).

Os problemas decorrentes de projetos estruturais ineficientes ou mal executados também têm implicações significativas no âmbito ambiental. Estruturas mal dimensionadas ou inadequadamente planejadas consomem recursos adicionais

durante sua vida útil, aumentando o desperdício de materiais e energia, o que contribui para a pegada ecológica da construção civil (Ferreira *et al.*, 2023).

A sociedade como um todo sofre com os efeitos dessas deficiências estruturais. Habitantes de edificações com problemas estruturais estão expostos a riscos constantes, impactando sua qualidade de vida e bem-estar (Gomes e Costa, 2020). A instabilidade estrutural pode até mesmo levar à evacuação ou desocupação de residências, resultando em deslocamentos forçados e custos sociais adicionais (Silva e Nunes, 2018).

Vale salientar que em empreendimentos da construção civil, sejam eles de pequeno, médio ou grande porte, a presença do Engenheiro Civil ou Arquiteto, ou profissional apto a supervisionar, para realizar o acompanhamento executivo no canteiro de obras é uma exigência legal, de acordo com a Lei No 6.496, de 7 de dezembro de 1977.

A partir da necessidade observada em obra de readequação de projeto estrutural devido a uma execução ineficiente do mesmo, observou-se a situação como de alto risco e alto impacto na obra. Partindo assim para a necessidade de um estudo de caso de forma a garantir à entrega da obra de forma corrigida. Estendendo a situação ao cenário geral, vê-se a ineficiência de execução do projeto estrutural como uma problemática recorrente e muito presente nas obras brasileiras.

Portanto, a análise detalhada do caso de uma residência unifamiliar com projeto estrutural incompleto e sem acompanhamento responsável não apenas evidencia os riscos imediatos, mas também destaca a necessidade de abordar os problemas sistêmicos que permeiam a execução deficiente de projetos estruturais na construção civil.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Fornecer uma análise abrangente do impacto econômico da execução incompleta de um projeto estrutural em uma residência unifamiliar, destacando a importância do acompanhamento responsável ao longo do processo construtivo.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos estão:

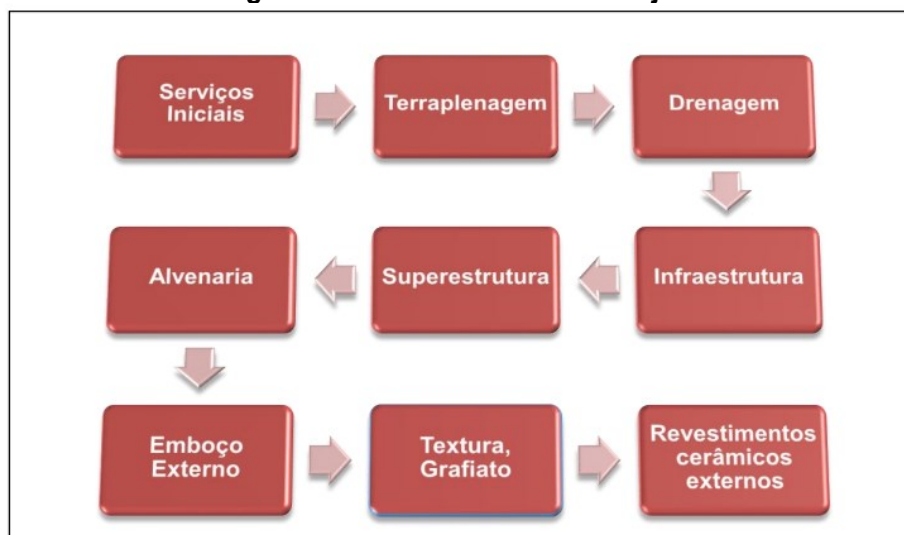
- Verificar os problemas de execução do projeto estrutural e como resolvê-los;
- Entender a interferência econômica da presença de um engenheiro responsável pela obra;
- Propor uma solução de reparo para a residência viável estruturalmente e financeiramente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tratando de construção civil seu início se dá pelo projeto de produção, que deve ter especificações claras para uma produção planejada e acompanhada, assegurando a qualidade do produto final. Isso inclui requisitos dos proprietários, custos, tempo de execução, funcionalidade, desempenho, construção, segurança e confiabilidade. Posterior a este projeto de produção inicial a obra passa para a coordenação de projetos, que é fundamental para integrar informações de equipes diversas, evitar sobreposições de soluções e garantir uma abordagem integrada para resolver interferências entre disciplinas de projeto. Seus objetivos principais são assegurar uma comunicação eficiente entre os participantes do projeto e da produção, coordenar para resolver interferências entre disciplinas e orientar as decisões ao longo do processo (Oliveira e Melhado, 2005).

Tratando do canteiro de obras Nascimento e Feldmann (2013) abordam como um ambiente dinâmico e mutável, que exibe grande complexidade e elevado número de variáveis envolvidas nos seus processos construtivos, exigindo muito da capacidade de gerenciamento do gestor.

**Figura 1 – Caminho Crítico de Projeto**



**Fonte: Nascimento e Feldmann, 2013**

A Figura 1 representa o caminho crítico da execução de obras, iniciando o processo pelos trabalhos iniciais, como a limpeza do terreno, demolições se necessário, análise de topografia, além de ligações provisórias de energia e hidráulica. Em sequência passa-se a terraplanagem e preparação do solo com

nivelamento do terreno e preparação para a escavação das fundações, garantindo que o solo esteja adequado para suportar a construção. Na terceira etapa inicia-se a drenagem, que é crucial para garantir o escoamento adequado das águas pluviais e subterrâneas, prevenindo problemas como inundações, erosão do solo e danos à estrutura da construção (Nora, 2021).

A quarta etapa da execução de obras é a infraestrutura, onde são executadas as fundações, ou seja, as preparações do solo e instalação das bases estruturais, além de redes básicas de água, esgoto e elétrica. Passando a superestrutura onde é realizada a montagem da estrutura principal, incluindo pilares, vigas e lajes, e a instalações hidráulicas e elétricas, colocação de encanamentos e sistemas elétricos na estrutura. Na sexta etapa é realizada a alvenaria, com a construção de paredes internas e externas, utilizando tijolos, blocos ou outros materiais. Tratando das etapas de emboço externo, textura, grafiato são acabamentos, aplicação de revestimentos, pintura e demais detalhes estéticos que definem o visual final da construção (Costa, 2020).

## **2.1 Presença de profissional capacitado para acompanhamento de obra**

Schutz (2023) em sua pesquisa a respeito da falta de acompanhamento adequado de profissionais capacitados em obra, aborda que a presença do Engenheiro Civil nas obras garante que atividades como a supervisão dos profissionais de diversas áreas que atuarão na obra, de forma a garantir segurança para os prestadores de serviço e também qualidade e eficiência na execução destes serviços, verificação do cumprimento das normas técnicas, conhecimento pleno do projeto, verificação de possíveis riscos e planejamento de acordo com prazos previamente estipulados.

De acordo com um estudo conduzido em 2015 pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, que entrevistou 2.419 indivíduos, mais da metade deles, ou seja, 54%, já passaram por reformas ou construções. No entanto, apenas 15% dessas pessoas optaram por contratar os serviços de Engenheiro Civil ou Arquiteto. (CAU-BR, 2023). Segundo os dados levantados, os participantes identificaram o planejamento, a mão-de-obra e a aquisição de materiais como as principais dificuldades enfrentadas durante uma obra.

Smith *et al.* (2020), aborda que a presença constante de engenheiros civis no local de trabalho contribui significativamente para o controle de qualidade. Eles desempenham um papel vital na identificação e correção de possíveis defeitos estruturais, garantindo a durabilidade e confiabilidade das construções. Além disso, o acompanhamento ativo está associado à minimização de acidentes de trabalho, conforme destacado por Jones (2019), ao promover práticas seguras e identificar potenciais riscos.

Estudos de Santos *et al.* (2019) indicam uma correlação direta entre a falta de um engenheiro responsável e o aumento de riscos à segurança no ambiente de construção. A ausência de supervisão especializada contribui para práticas inseguras, resultando em acidentes de trabalho e potencial comprometimento da integridade física dos trabalhadores.

Pesquisas de Garcia *et al.* (2021) ressaltam que o envolvimento contínuo de engenheiros civis está correlacionado com uma maior eficiência operacional. A capacidade de tomar decisões rápidas e implementar ajustes durante a execução da obra contribui para o cumprimento de prazos e orçamentos, minimizando custos adicionais.

A carência de um profissional responsável prejudica a eficiência operacional, conforme indicado por Oliveira (2018). A ausência de tomadas de decisão especializadas no local da obra resulta em atrasos, retrabalhos e custos adicionais, comprometendo a viabilidade econômica do projeto.

A conformidade com normas e regulamentos é crucial para evitar penalidades legais e assegurar a aceitação final da obra. Segundo as constatações de Oliveira (2018), engenheiros civis desempenham um papel central na interpretação e aplicação de códigos de construção, garantindo que o projeto atenda a todas as exigências legais e normativas.

Sob o aspecto legal a Lei Federal nº 6.496/77 artigo 1º dita que toda obra necessitar de uma Anotação de Responsabilidade Técnica - ART assinada, pelo referido profissional, de acordo com o trecho abaixo;

Art 1º - Todo contrato, escrito ou verbal, para a execução de obras ou prestação de quaisquer serviços profissionais referentes à Engenharia, à Arquitetura e à Agronomia fica sujeito à "Anotação de Responsabilidade Técnica" (ART)

Ao lidar com a execução de obras, é essencial que o profissional emita a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) para garantir conformidade com a legislação brasileira e as diretrizes do conselho profissional correspondente. No contexto apresentado, menciona-se o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), responsável pela ART, detendo autoridade para fiscalização e imposição de penalidades àqueles que não seguirem essa normativa (CONFEA, 2023; CREA-SP, 2023).

A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) é um documento essencial para indivíduos que oferecem serviços ou realizam obras, identificando o profissional responsável pelo trabalho. Sua principal finalidade é atestar a competência técnica e profissional, assegurando ao cliente final a qualidade dos serviços prestados (CONFEA, Lei nº 6.496/1977).

A inexistência de um engenheiro responsável na execução de obras propicia o desrespeito às normativas legais e códigos de construção. Conforme ressaltado por Lima (2020), a figura do engenheiro é crucial para interpretar e aplicar corretamente os regulamentos, assegurando que a obra atenda às exigências legais e evitando possíveis penalidades.

A má execução de projetos estruturais constitui uma problemática significativa na construção civil, manifestando-se em uma série de complicações que afetam a estabilidade, segurança e desempenho das edificações.

De acordo com estudos de Oliveira *et al.* (2021), projetos estruturais mal executados frequentemente resultam em riscos estruturais e falhas prematuras. A falta de precisão na implementação das especificações do projeto contribui para debilidades estruturais, comprometendo a estabilidade das construções.

Pesquisas de Silva e Santos (2022) destacam que a má execução de projetos estruturais compromete diretamente a segurança dos ocupantes e pode ter impactos ambientais adversos. Falhas como fissuras e deslocamentos estruturais representam riscos iminentes à vida humana, além de acarretarem possíveis danos ao meio ambiente.

Estudos de Costa (2023) indicam que a execução inadequada de projetos estruturais está associada a custos elevados de manutenção. A necessidade de reparos frequentes e intervenções corretivas devido a defeitos estruturais resulta em despesas adicionais, comprometendo a viabilidade econômica das edificações.



A pesquisa de Santos *et al.* (2020) ressalta que a má execução de projetos estruturais apresenta desafios consideráveis na reabilitação de estruturas. A correção de problemas estruturais após a conclusão da obra demanda recursos substanciais, podendo impactar negativamente o tempo e os custos envolvidos na reabilitação.

A má execução de projetos estruturais emerge como uma fonte crítica de problemas na construção civil, influenciando não apenas a estabilidade e segurança, mas também os custos operacionais e a sustentabilidade a longo prazo das edificações. A atenção diligente à implementação precisa das especificações do projeto é crucial para mitigar esses desafios e assegurar o desempenho adequado das estruturas construídas.

Tratando da análise dos estudos de problemas ocasionados pela imprudência na execução de projetos de estruturas em obras residenciais em residência de baixo padrão no município de Ariquemes e Monte Negro Silveira e Guedes (2022). O estudo mostrou a existência de diversos erros como incompatibilidade de dimensão das sapatas, falta de um adensamento adequado, seção de viga e pilar menor que especificado, a não utilização de espaçadores na concretagem dos elementos estruturais e entre outros. Concluindo que erros de execução nestes casos tiveram como principal motivação a mão de obra não qualificada, a não contratação da fiscalização por parte do cliente ou em caso de contratação a falta de acompanhamento frequente do responsável técnico na obra.

## **2.2 Projeto estrutural**

O projeto estrutural é um componente essencial no campo da Engenharia Civil, consistindo em um conjunto de documentos e cálculos que descrevem a concepção, análise e especificações necessárias para a construção segura e eficiente de uma estrutura. Silva (2020) aborda que os elementos de um projeto estrutural abrangem diversos aspectos, iniciando-se com a análise criteriosa das cargas e solicitações a que a estrutura estará sujeita. Este processo é embasado por estudos geotécnicos, topográficos e ambientais, fornecendo informações cruciais para a correta definição das fundações, escolha dos materiais e dimensionamento das estruturas.

A fase conceitual do projeto envolve a seleção do tipo de estrutura mais adequado às demandas específicas do empreendimento, seja ele uma ponte, edifício, barragem ou qualquer outra construção. Nessa etapa, considerações como resistência, durabilidade, estética e funcionalidade são ponderadas, sendo essencial a aplicação de métodos e tecnologias atualizadas para garantir a eficiência e segurança da estrutura.

A modelagem e análise estrutural são etapas subsequentes que empregam softwares avançados e métodos de cálculo precisos para simular o comportamento da estrutura sob diferentes condições de carga, permitindo ajustes e otimizações antes da execução física da obra. Essa fase requer uma compreensão profunda da teoria estrutural e a aplicação de princípios atualizados de engenharia.

Além disso, um projeto estrutural completo inclui detalhes construtivos, especificações de materiais, métodos de execução e procedimentos de controle de qualidade. A qualidade desses detalhes é crucial para evitar falhas e garantir a integridade da estrutura ao longo de sua vida útil (Helene, 1997).

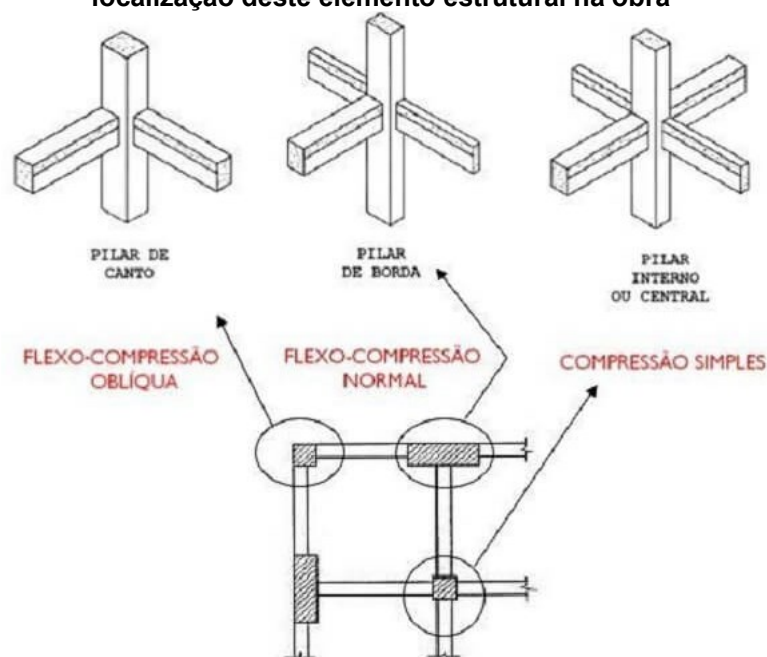
A importância desses elementos não pode ser subestimada, visto que um projeto estrutural bem elaborado influencia diretamente na segurança, durabilidade e custo-benefício da construção. Estudos recentes, como os de Silva *et al.* (2021) e Souza e Almeida (2019), destacam a relevância de tecnologias inovadoras, como a modelagem computacional avançada e a utilização de materiais sustentáveis, na melhoria dos projetos estruturais. Um projeto estrutural robusto e bem elaborado promove a segurança, eficiência e sustentabilidade das estruturas construídas.

### 2.2.1 Elementos Estruturais

Pilares são elementos verticais da estrutura, geralmente em concreto armado ou aço, responsáveis por suportar cargas verticais e transmiti-las para as fundações. São essenciais para a estabilidade e resistência da edificação. Silva *et al.* (2021), aborda que os pilares devem ser dimensionados considerando não apenas as cargas verticais, mas também as horizontais, oferecendo segurança estrutural e prevenindo colapsos em casos de sobrecarga ou eventos sísmicos. O pilar de concreto pode ser pré-moldado possui flexibilidade em sua forma, podendo

adotar diferentes formatos: circular, retangular vazado ou maciço, cruzado, em 'L', 'U', 'I' ou 'T'. Alguns ainda incluem canais para drenagem ou suportes para vigas. Essa variedade de formas depende da aplicação no projeto (casa, prédio, ponte) e da posição na estrutura. Por exemplo, pilares internos de edifícios suportam principalmente cargas verticais, enquanto os pilares de borda lidam com flexão e compressão, como ilustrado na Figura 2.

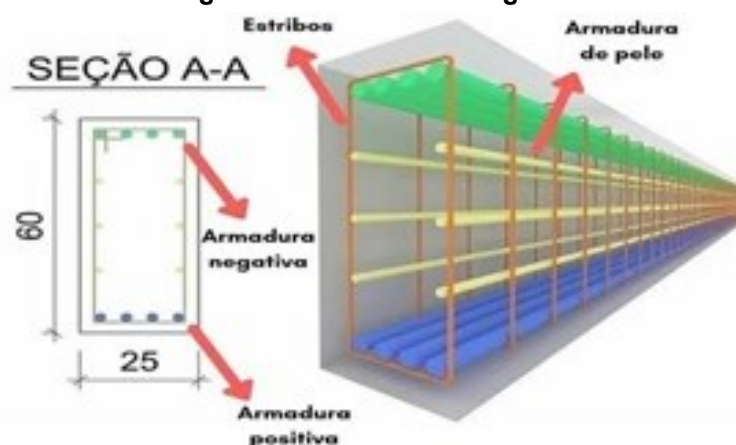
**Figura 2 – Os tipos de pilar de concreto variam de acordo com a finalidade do projeto e com a localização deste elemento estrutural na obra**



Fonte: Viva Decora, 2022.

Vigas são elementos horizontais que distribuem as cargas recebidas pelos pilares, transmitindo-as para os apoios. São essenciais para a redistribuição de esforços e manutenção da integridade estrutural. Conforme estudo de Oliveira e Santos (2020), o dimensionamento correto das vigas, levando em conta os esforços de flexão e cisalhamento, é crucial para a resistência e estabilidade da estrutura como um todo. Dimensionamento esse levando em consideração a armaduras negativas e positivas conforme solicitados pela estrutura, conforme ilustrado na Figura 3.

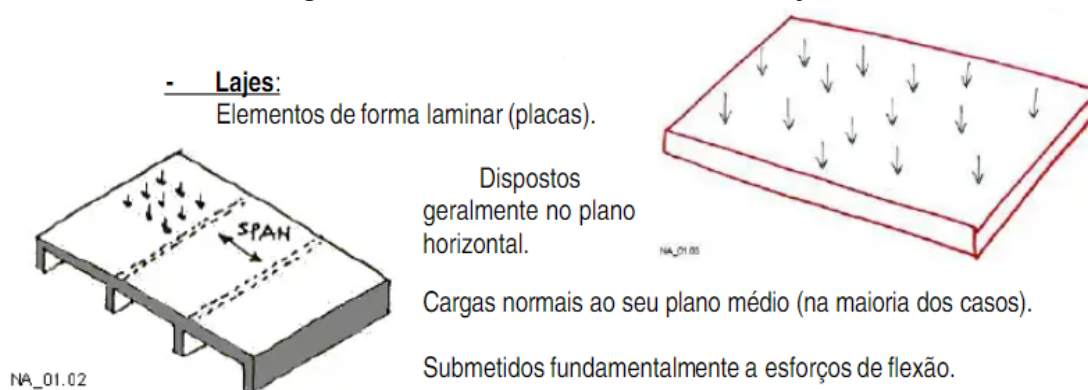
Figura 3 – Armadura de viga



Fonte: ECA – Estrutura de Concreto Armado, UNIP, 2013.

Lajes são os elementos horizontais que cobrem e protegem os espaços internos da edificação, recebendo cargas de uso, como mobiliário e pessoas. Segundo estudo de Carvalho *et al.* (2019), o dimensionamento correto das lajes deve considerar não apenas a capacidade de suportar cargas, mas também a distribuição dessas cargas para os elementos estruturais adjacentes, garantindo a estabilidade e uniformidade da estrutura, as cargas destas estruturas estão distribuídas em todo o seu entorno, conforme Figura 4.

Figura 4 – Distribuição de esforços em lajes



Fonte: ECA – Estrutura de Concreto Armado, UNIP, 2013.

Fundações são os elementos responsáveis por transmitir as cargas da estrutura para o solo de maneira segura e estável. De acordo com estudo de Santos e Lima (2022), as fundações devem ser projetadas considerando não apenas a capacidade de suporte do solo, mas também aspectos geotécnicos, como recalques

diferenciais e influência do lençol freático, visando a estabilidade e durabilidade da construção.

Vergas são elementos estruturais utilizados sobre vãos de portas e janelas. A verga é um elemento estrutural sujeito a momento fletor que tem a finalidade de absorver as reações das lajes que sobre ela se apoiam e de eventuais paredes de pavimentos superiores que se estendam em seu vão (Souza *et al.*, 2008)

### 2.2.2 Projeto e Responsabilidade do Projetista

Tratando de construção civil, o projeto representa o guia que delinea todas as especificações físicas e tecnológicas do empreendimento, servindo como base para as futuras etapas de execução. A partir dessas diretrizes, os profissionais envolvidos na obra tomam ações alinhadas com os parâmetros pré-estabelecidos no projeto do empreendimento para realizar, implementar e concluir a construção (SCHUTZ, 2023).

Abordando a responsabilidade do projetista, que não executou a obra, está limitada aos defeitos intrínsecos do trabalho realizado por ele. Porém, é importante salientar que é responsabilidade e dever do autor do projeto acompanhar e fiscalizar a execução do empreendimento, mesmo que não seja remunerado por isso, a fim de assegurar a correta implementação de suas concepções projetuais (NBR 05671, 1990).

O projetista que apenas elaborou o projeto terá sua responsabilidade restrita aos defeitos de solidez e segurança da obra, ou seja, problemas que devem ter surgido devido ao projeto em si, não decorrentes da execução do empreendimento, conforme descrito no artigo 14, do Código de Defesa do Consumidor (CDC).

### 2.3 Problemas comuns de execução de obras

De Souza (2017) aborda as patologias construtivas em um estudo de caso de moradias do Programa Minha Casa, Minha Vida, que foram alvos de reclamações em vários estados, devido à falta de qualidade das construções como patologias em erros de execuções, que podem ter sido provocadas pela mão de obra

desqualificada e má qualidade. Em seu levantamento se aponta que isso se deve à ausência de rigor dos gestores com os processos de contratação e acompanhamento dos projetos, o que faz com que a efetividade do programa seja totalmente comprometida. Dentre os principais problemas observou-se que as rachaduras são as falhas mais comuns encontradas e são resultados da má execução e má qualidade dos materiais como vícios construtivos, que dificultam ou mesmo inviabilizam o uso pleno da moradia.

Oliveira e Mehado (2005) destacaram que problemas na execução das obras decorrem principalmente de deficiências no processo de projeto, dificultando a coordenação entre os envolvidos. Embora em uma das amostras da pesquisa, que contou troca parcial de informações entre projetista e construtor, essa interação foi insuficiente para evitar problemas de compatibilização. Em comparação, os problemas nesse estudo foram menores em comparação com a outra amostra, onde houve menos troca de informações entre os agentes. O esquema de gestão limitado levou a falhas nos projetos, como na produção das obras e nas especificações, evidenciando a necessidade urgente de melhorar a troca de informações entre os agentes para avançar tecnologicamente e evitar contratemplos na execução das obras.

Ainda no estudo de Oliveira e Mehado (2005) houve também problemas comuns entre os estudos, tanto na produção da obra como na “necessidade de introdução de tabeiras no perímetro da laje para concretagem das mesmas; quanto relativos à especificações de projeto: desempenho da fixação (encunhamento) entre alvenaria e viga metálica comprometido em razão das movimentações diferenciais entre viga metálica e argamassa”. A falta de troca de informações não apenas entre os agentes internos, mas também entre outros do setor e empreendimentos externos.

Segundo Alves e Silva (2022) caso a execução não seja realizada de acordo com o projeto, podem ocorrer problemas como instabilidade estrutural, com a estrutura não sendo capaz de suportar as cargas a que está submetida, podendo causar colapso ou danos à estrutura. Outros pontos que podem ser consequência são as falhas estruturais, quando a estrutura apresentar falhas, como trincas, fissuras ou colapsos localizados. Por fim outro ponto são os problemas de funcionalidade, ou seja, quando a estrutura pode não atender às necessidades dos

usuários, como por exemplo, não suportar o peso de equipamentos ou não oferecer conforto térmico.

A execução de projeto estrutural de acordo é importante para garantir a segurança, a estabilidade e a funcionalidade da estrutura. Além disso, a execução correta do projeto estrutural pode contribuir para a redução de custos e a otimização do cronograma da obra (Lima, 2021).

## 2.4 Gerenciamento de Riscos

A norma internacional ISO 31000:2009 define o gerenciamento de riscos, fornecendo princípios, estrutura e um processo abrangente para auxiliar organizações na integração do gerenciamento de riscos em suas práticas diárias.

O gerenciamento de risco na construção civil pode ser considerado como um mecanismo fundamental para mapear tanto efeitos positivos como negativos, de modo que os objetivos do projeto sejam atendidos com relação ao escopo, cronograma, custo e qualidade (Santos *et al.* 2015).

Para PMBOK (2013) o gerenciamento de riscos possui como objetivo aumentar a probabilidade e o impacto dos riscos positivos, e reduzir a probabilidade e o impacto dos riscos negativos.

Segundo De Salvo Brito (2014) podemos classificar os riscos de acordo com o seu efeito. Sendo:

- Risco de potencial falha fatal: Potencial risco, que possa vir a impedir a continuidade do empreendimento;
- Risco de ameaça: Riscos que impactam negativamente os cumprimentos das metas;
- Riscos de oportunidades: Riscos que facilitam e impactam positivamente as metas propostas;

### 2.4.1 Análise de Riscos

A relevância da análise individual de cada risco está diretamente relacionada à tomada de decisão. Ao compreender os riscos associados, torna-se possível

otimizar a alocação de recursos e concentrar esforços de maneira eficiente, priorizando áreas de maior vulnerabilidade, onde os riscos são mais significativos.

As classificações e análise dos riscos são relacionadas de acordo com a avaliação da sua probabilidade de impacto. PMBOK (2013) relaciona que as classificações e análise dos riscos são relacionadas de acordo com a avaliação da sua probabilidade de impacto sobre um ou mais objetivos do projeto, como: custo, tempo, escopo e qualidade. O mesmo autor ainda explora a matriz de probabilidade e impacto, onde possui como objetivo analisar a relação entre a probabilidade de cada risco ocorrer e o impacto que poderia ter nos objetivos do projeto. Essencialmente, ela busca priorizar os riscos com base em suas possíveis implicações no desenvolvimento e andamento do projeto. Conforme ilustrado no Quadro 1:

**Quadro 1 - Exemplo de escala de impacto dos riscos de projeto**

<b>Condições definidas para a escalas de impacto de um risco nos objetivos principais do projeto</b>					
<b>Objetivo do Projeto</b>	Escalas relativas ou numéricas são mostradas				
	Muito Baixo / 0,05	Baixo / 0,10	Moderado / 0,20	Alto / 0,40	Muito alto / 0,80
<b>Custo</b>	Aumento insignificante do custo	<10% aumento do custo	10-20% aumento do custo	20-40% aumento do custo	>40% aumento do custo
<b>Tempo</b>	Aumento insignificante do tempo	<5% aumento do tempo	5-10% aumento do tempo	10-20% aumento do tempo	>20% aumento do tempo
<b>Escopo</b>	diminuição pouco notável do escopo	Áreas secundárias do escopo afetadas	Áreas principais do escopo afetadas	Redução do escopo inaceitável para o patrocinador	Produto do projeto é efetivamente inútil
<b>Qualidade</b>	degradação pouco notável da qualidade	Somente aplicações muito exigentes são afetadas	Redução da qualidade requer aprovação do patrocinador	Redução do escopo inaceitável para o patrocinador	Produto final do projeto é efetivamente inútil

Esta tabela apresenta exemplos de definições de impacto dos riscos para quatro objetivos diferentes do projeto. Eles devem ser ajustados no processo de planejar o gerenciamento dos riscos para o projeto em questão e para os limites de tolerância a riscos da organização. As definições de impacto podem ser desenvolvidas para as oportunidades de uma maneira similar.

**Fonte: PMBOK, 2013.**

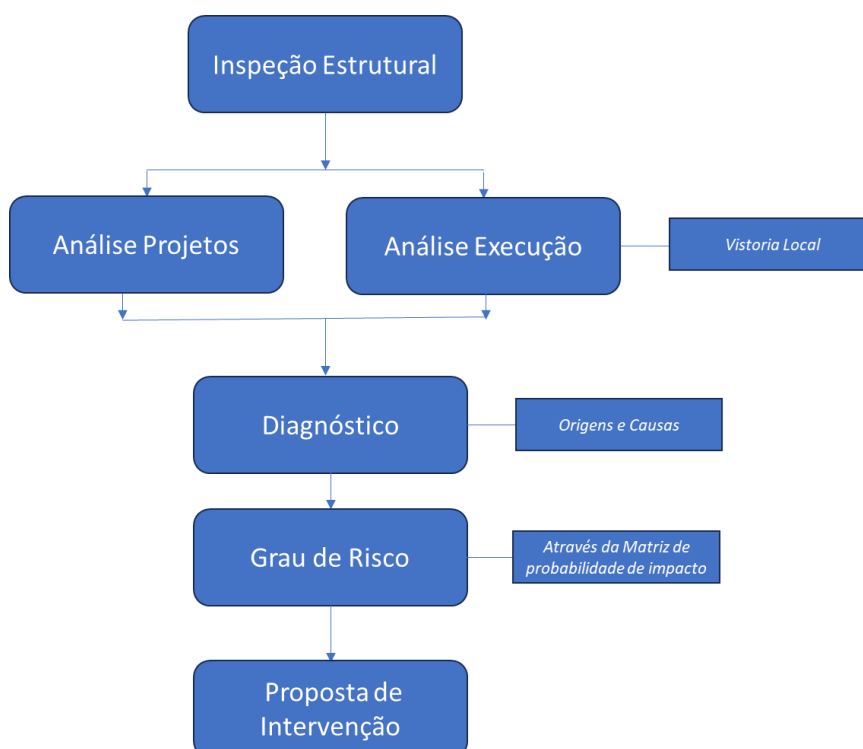


### 3 METODOLOGIA

Tratando-se neste caso de um estudo exploratório, as técnicas utilizadas serão a análise bibliográfica, experimental e o estudo de caso. A partir dos fundamentos teórico e metodológico procura-se dar credibilidade e sustentação ao que se quer demonstrar, de forma a dar-se embasamento ao trabalho como um todo.

A pesquisa teve início com uma análise estrutural, combinando a avaliação do projeto com uma vistoria local, identificando falhas e fornecendo um diagnóstico de suas origens e causas. Em seguida, procedemos a classificação do grau de risco associado a cada erro, culminando na proposição de intervenções conforme ilustrado na Figura 5.

**Figura 5 – Fluxograma do trabalho**

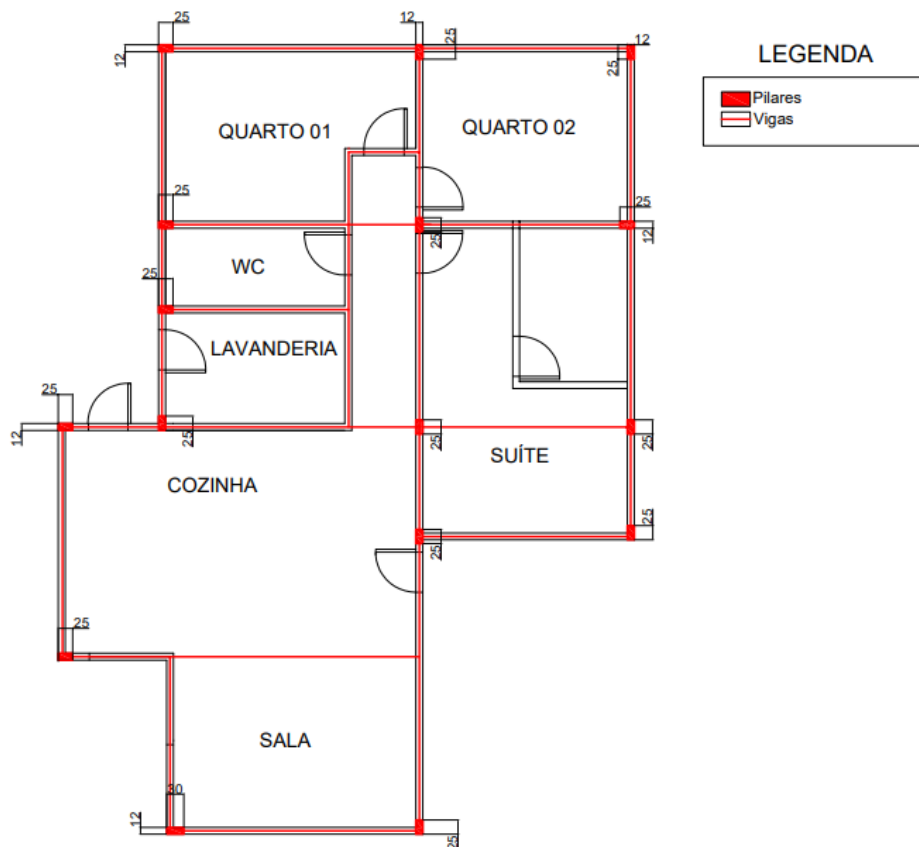


**Fonte: Autoria Própria (2023).**

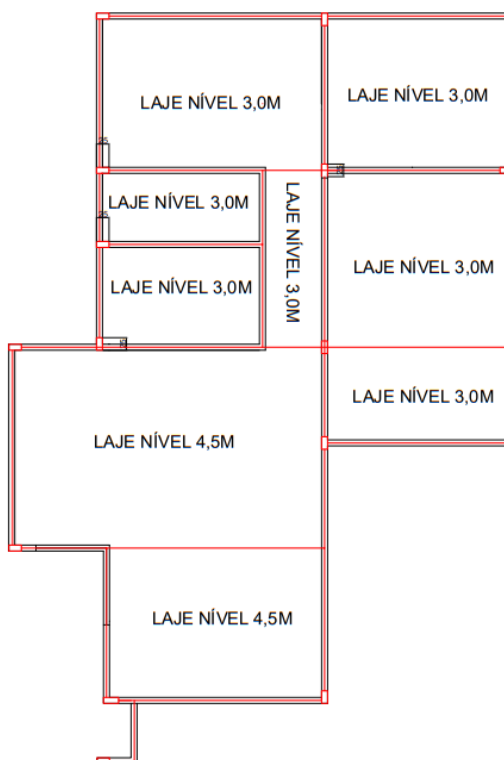
### 3.1 Parâmetros iniciais do Estudo de Caso

O estudo de caso se trata de uma residência unifamiliar onde inicialmente se tinha um projeto estrutural de concreto armado, a ser seguido, com pilares, vigas e lajes pré-moldada treliçada com preenchimento de EPS, devidamente indicados conforme Figuras 6 e 7. Porém em sua execução não teve acompanhamento devido e na prática diversos elementos deixaram de ser executados ou foram dimensionamentos com tamanhos inferiores aos estabelecidos por norma.

**Figura 6 – Planta baixa do estudo de caso exibindo pilares e vigas**



Fonte: Autoria Própria (2023).

**Figura 7 - Planta baixa do estudo de caso das lajes**

**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Através de visitas *in loco* foram avaliadas as incongruências do projeto executado com o projeto estrutural. O projeto estrutural original da residência inclui 17 pilares.

### 3.1.2 Análise da execução inicial do projeto estrutural

A partir das visitas *in loco* foram apontados todos os pontos incongruentes e registrados por meio de registros fotográficos. A partir disso a fim de facilitar o entendimento a respeito da execução foi elaborada uma representação do projeto estrutural ilustrada daquilo que foi verdadeiramente executado. Após este levantamento inicial é necessário partir para a análise do executado aliado às referências bibliográficas para embasar o que estas incompatibilidades do projeto estrutural proposto com projeto executado resultam.

### **3.2 Proposta de Solução**

A partir das informações coletadas na análise do estudo de caso, parte-se para proposta de solução que é segmentada em duas etapas. Com a primeira sendo a abordagem preventiva da situação, com treinamento a mão de obra, melhor acompanhamento de responsável técnico durante a obra e melhor detalhamento de projetos. Quanto a segunda etapa se retoma à resolução deste estudo de caso abordando a solução para permitir a finalização segura desta obra de forma a garantir e segurança estrutural e minimize prejuízos financeiros.

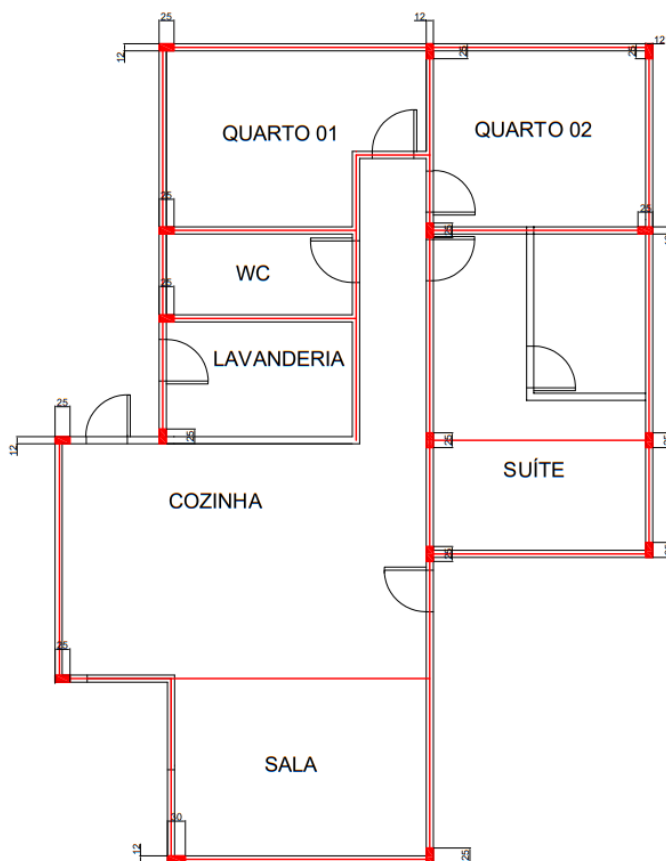
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização da obra analisada

Conforme já ilustrado nas Figuras 6 e 7 a edificação trata-se de uma casa de de único pavimento, possuindo área de 130,52 m<sup>2</sup>. A obra é classificada como padrão médio (NBR 12.721, 2004). O proprietário da obra realizou a contratação de profissional capacitado legalmente para elaboração do projeto e execução de obra.

Durante verificação *in loco*, procedeu-se à elaboração do projeto estrutural com base nas constatações identificadas, ilustrado na Figura 8.

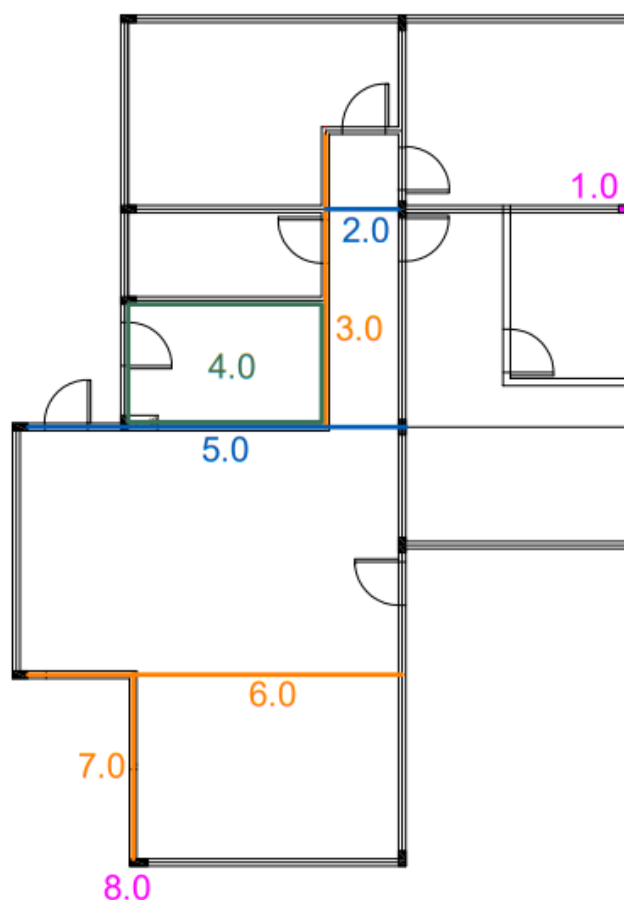
**Figura 8 – Vigas e pilares executados**



Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao confrontar as constatações com o projeto original, foram identificadas oito falhas de execução, evidenciadas na Figura 9 e detalhadas na Tabela 1.

Figura 9 – Falhas de Execução



Fonte: Autoria Própria (2023).

Tabela 1 - Resumo de incompatibilidades da execução com projeto

Nomenclatura	Tipo de elemento afetado	Descrição da falha
1.0	Pilar	Pilar com falha na concretagem
2.0	Viga	Viga não executada
3.0	Viga	Viga terminando sob tijolos
4.0	Laje	Laje apoiada na alvenaria
5.0	Viga	Viga não executada, laje apoiada os tijolos
6.0	Viga	Viga com vão de 4,22 m com base de 14 cm e altura de 9 cm
7.0	Verga	Verga em "L" executada com treliça apresentando fissuras
8.0	Pilarete	Pilarete platibanda com falha na concretagem

Fonte: Autoria Própria (2023).

Tratando da falha 1.0 conforme ilustrado na Figura 10 o pilar foi executado com falha na concretagem exibindo armadura exposta. Segundo a ABNT NBR 6118, a respeito de projeto de estruturas de concreto armado, a respectiva norma dita algumas especificações a respeito dos pilares, onde as barras devem ser dispostas dentro do componente estrutural, de modo a permitir a boa qualidade das operações de lançamento e adensamento do concreto.

Além disso para garantir um bom adensamento é necessário prever no detalhamento da disposição das armaduras espaço suficiente para entrada da agulha do vibrador. Tratando de riscos e evolução da corrosão do aço se aborda que a armadura principal depende essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de cobrimento da armadura.

**Figura 10 – Armadura exposta no pilar e deficiência na concretagem visão geral - Falha 1.0**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

A falha 2.0, o corredor foi executado sem considerar a viga que deveria interligar, segundo o projeto estrutural, o fim da viga do banheiro com o pilar em frente do corredor, o que não é observado conforme destacado na Figura 11.

**Figura 11 – Viga do corredor não executada – Falha 2.0**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Tratando das falhas 3.0, 4.0 e 5.0 no ambiente da lavanderia, pode-se observar a falha 3.0, viga terminando sob os blocos cerâmicos não estrutural da alvenaria, conforme ilustrado na Figura 12. A respeito da falha 4.0, laje apoiada diretamente na alvenaria, e falha 5.0, viga não executada com laje apoiada diretamente na alvenaria de tijolos podem ser observados na Figura 13. Como esta viga dos fundos possui suas extremidades apoiado diretamente no encontro da parede de canto na lavanderia, isto causa uma carga excessiva sobre a alvenaria a qual não é dimensionada para suportar.

A NBR 15696 destaca que “peso de todos os elementos da estrutura de concreto a serem suportados pela estrutura do escoramento, tais como lajes, vigas, paredes, capitéis etc”. Neste caso não obedecendo a especificação com a viga sendo apoiada numa parede não estrutural.



**Figura 12 – Viga finalizando nos tijolos – Falha 3.0**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

**Figura 13 – Lavadeira com laje concretada apoiada em tijolos – Falhas 4.0 e 5.0**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Abordando a falha 6.0, trata-se de uma viga com vão de 4,22 metros, executada com base de 14 cm e altura de 9 cm, conforme ilustrado nas Figuras 14 e 15. Neste caso o alerta do subdimensionamento da viga é ainda mais alarmante devido ao vão com extensão elevada.

**Figura 14 - Viga com vão de 4,22 metros com base de 14 cm e altura 9 cm extremo com verga em L – Falha 6.0**



Fonte: Autoria Própria (2023).

**Figura 15 – Viga com vão de 4,22 metros com base de 14 cm e altura 9 cm – Falha 6.0**



Fonte: Autoria Própria (2023).

A NBR 6118/2014 especifica, no item 13.2.2 que a largura mínima ( $b_w$ ) da base ( $b_w$ ) da seção de vigas deve ser de 12cm (15cm para vigas-parede). Neste caso a viga atente a largura mínima estabelecida pela norma. Tratando então da altura da viga, é necessário considerar inicialmente um vão para a viga, no caso a distância entre os centros dos pilares de apoio (422 cm). Assim, a altura da viga pode ser adotada pela equação 1 como:

$$h = \frac{l_{ef}}{12} = \frac{422}{12} = 35,16 \quad (01)$$

Portando neste caso aproximando para um número inteiro temos  $\rightarrow \therefore h = 36$  cm. Tendo na prática apenas 9 cm, ou seja 25% da altura solicitada para a viga considerando o vão praticado neste caso.

Tratando da falha 7.0, situada em uma janela em “L”, onde sua verga tem o papel de sustentar uma alvenaria superior a ela de 1,50 metros de tijolos acima. Com esta verga feita de treliça e não é conectada ao pilar. Nesta região, os elementos construtivos apresentam trincas desde o momento da construção, como é possível observar nas Figuras 16, 17 e 18. Relatando neste caso o mesmo problema da falha 1.0.

**Figura 16 – Fissuras e e trincas na verga da janela em “L”– Falha 7.0**



Fonte: Autoria Própria (2023).

**Figura 17 – Falha na concretagem com armadura exposta da verga da janela em “L”**



Fonte: Autoria Própria (2023).

**Figura 18 - Verga da janela em “L” não conectada com pilares apresentando trincas – Falha 7.0**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

Finalizando as falhas apontadas, na falha 8.0, tratando um pilarete da platibanda exibindo falha de concretagem, contando com sua base composta por tijolo, conforme Figura 19.

**Figura 19 – Pilarete de platibanda exibindo falha na concretagem – Falha 8.0**



**Fonte: Autoria Própria (2023).**

## 4.2 Análise dos problemas mapeados

Após levantamento e detalhamento das falhas de execução passa-se a análise de impacto das mesmas, seguindo a metodologia abordada anteriormente de PMBOK (2013), a partir disto seguiu-se para a quantificação apresentada na Tabela 2 para todas as falhas levantadas.

**Tabela 2 – Análise das falhas da execução com projeto**

<b>Falha</b>	<b>Descrição da falha</b>	<b>Custo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Escopo</b>	<b>Qualidade</b>	<b>TOTAL</b>
1.0	<i>Pilar com falha na concretagem</i>	Moderado/ 0,20	Moderado/ 0,20	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>2</b>
2.0	<i>Viga não executada</i>	Muito alto/ 0,80	Muito alto/ 0,80	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>3,2</b>
3.0	<i>Viga terminando sob tijolos</i>	Muito alto/ 0,80	Muito alto/ 0,80	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>3,2</b>
4.0	<i>Laje apoiada na alvenaria</i>	Muito alto/ 0,80	Muito alto/ 0,80	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>3,2</b>
5.0	<i>Viga não executada, laje apoiada os tijolos</i>	Muito alto/ 0,80	Muito alto/ 0,80	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>3,2</b>
6.0	<i>Viga com vão de 4,22 m com base de 14 cm e altura de 9 cm</i>	Muito alto/ 0,80	Muito alto/ 0,80	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>3,2</b>
7.0	<i>Verga em “L” executada com treliça apresentando fissuras</i>	Muito alto/ 0,80	Muito alto/ 0,80	Muito alto / 0,80	Muito alto / 0,80	<b>3,2</b>
8.0	<i>Pilarete platibanda com falha na concretagem</i>	Moderado/ 0,20	Moderado/ 0,20	Moderado / 0,20	Alto /0,40	<b>1,0</b>

Fonte: Autoria Própria (2023).

Através da análise de todos os pontos, os riscos foram classificados como muito altos, visto que todas as falhas interferem diretamente na segurança da edificação. Conseqüentemente todas exigem reparos ou intervenções aos elementos já executados, gerando atraso de cronograma, aumentos de custos significativos e interferências no escopo de obra.

#### **4.3 Possíveis causas dos erros**

De forma geral todos os erros de execução possivelmente poderiam ter sido evitados com uma maior fiscalização de um profissional apto para acompanhar o andamento da obra quanto aos demais passos. Visto que o processo de verificação de uma obra com o engenheiro civil presente, passa pela validação em cada etapa de execução, sendo realizada a verificação *in loco* da montagem e dimensões dos elementos estruturais para posterior liberação da execução e concretagem da laje. O que possivelmente poderia ter evitado as falhas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Para a falha 1, o uso de equipamento adequado para adensamento do concreto como o uso de vibradores possivelmente poderia evitar tal falha.

#### **4.4 Proposta de reparos**

Após identificar as falhas de execução e avaliar seus impactos, torna-se necessário a intervenção com apontamento de soluções específicas para correção de cada falha, visando permitir o uso da edificação.

Iniciando pelas falhas 1.0 e 8.0 ambas se tratando de pilares com falha na concretagem inicia-se o processo através do mapeamento da área. Para falha 8.0, uma vez identificada a área comprometida, a remoção cuidadosa do concreto defeituoso se faz necessária. Para este processo é recomendado o corte preciso, perfuração controlada ou demolição direcionada visando atingir adequadamente a porção comprometida do concreto. Posteriormente deve ser preparada a superfície exposta com limpeza da área, remoção de quaisquer resíduos remanescentes e, se necessário, a aplicação de primer ou agente de adesão para otimizar a aderência entre o concreto antigo e o novo. Por fim é realizada a concretagem, utilizando a

mistura correta e adequada às especificações de resistência e durabilidade, neste ponto é importante atentar-se para uma aplicação e nivelamento do novo concreto adequadas para assegurar a qualidade do reparo (Olivari, 2003).

Após este processo devidamente executado e a completa cura do concreto é necessária uma inspeção final detalhada é realizada para verificar a conformidade do reparo com os padrões de qualidade e segurança estabelecidos.

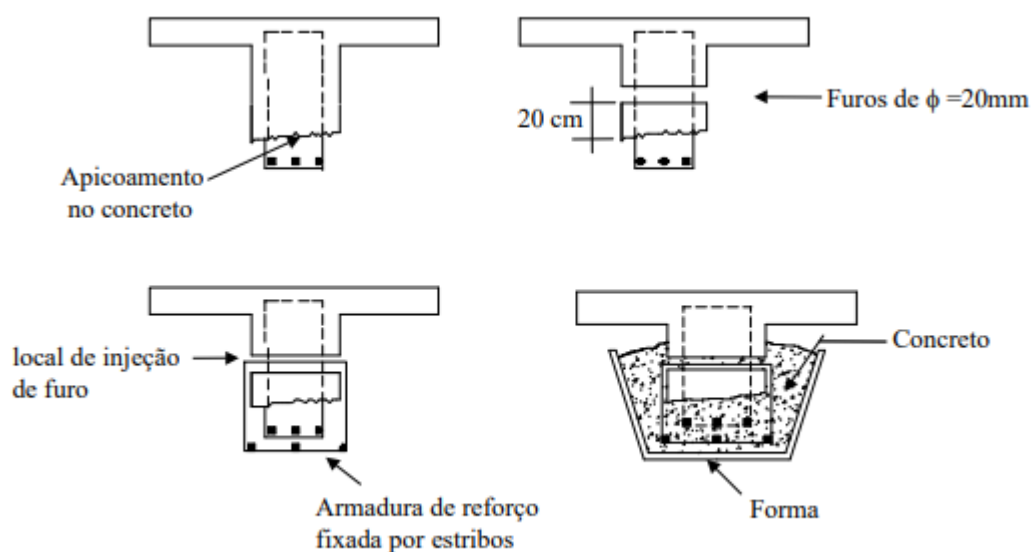
Tratando da falha 2.0 será necessária a execução de um pilar de apoio para a extremidade da viga onde não houve a continuação conforme projeto, baseando-se no estudo de caso de Reis e Xavier (2018), verificamos que caso fosse executada conforme projeto está viga, por ser executada posteriormente, terá dificuldade de transmitir os esforços para os demais elementos estruturais, desta forma sendo necessário a inclusão de um novo pilar no local.

Quanto a falha 3.0 onde a viga apoiada sob tijolos é necessária o escoramento da estrutura existente e a demolição da alvenaria no local, atentando-se para demolição com minimização de vibração para inclusão de um pilar onde será apoiada a carga desta viga (Campos, 2006).

Abordando a laje apoiada na alvenaria sem a execução de viga das falhas 4.0 e 5.0 será necessário ancorar toda a laje para possibilitar a demolição da alvenaria no local onde deve ser incluída uma viga. É importante salientar que em todos estes reparos é essencial o acompanhamento do engenheiro visando verificar cada um dos pontos necessários para o reparo como a inclusão de ancoramentos, mudança de equipamentos para minimizar vibrações às quais a estrutura não está apta a suportar.

Quanto a falha da viga 6.0, executada com dimensões inferiores, é necessário ancorar toda a estrutura de forma a permitir realizar o reforço mediante aumento de seção transversal, segundo estudo de Reis (1998), deve-se realizar o apicoamento da estrutura a ser reforçada até encontrar os estribos da viga original, onde serão fixadas as novas armaduras transversais, dimensionadas para suportar adequadamente os esforços da estrutura, ainda conforme o mesmo autor, a nova armadura deve-se dispor o mais próximo possível da original, sendo fixada através de estribos, sendo necessária a realização de furos na parte superior da viga para a passagem destes estribos, e por fim a concretagem do elemento estrutural conforme ilustração da Figura 20.

**Figura 20 – Reforços de viga**



**Fonte: Cánovas, 1998**

Tratando-se da verga em “L” da falha 7.0 devido a elevada carga sobre ela, ocasionada pelo pé direito duplo, a demolição da verga se faz necessária, com uma nova execução com armadura adequada e ligando adequadamente até as vigas laterais. Por ser executada posteriormente, terá dificuldade de transmitir os esforços para os demais elementos estruturais, sendo realizada a inclusão de um pilar no ponto de encontro perpendicular, a fim de distribuição de esforços, além de reforço da parte de estrutura e alvenaria já danificadas.

Com relação aos valores estimados de reparo os custos basearam-se nos praticados no mercado com data de referência 08/2023 e consideram a complexibilidade de cada um dos reparos, como por exemplo na falha de concretagem de pilares estimou-se o valor aproximado em refazer um pilar completamente, devido a necessidade de aluguel de equipamentos para corte preciso, compra de matérias e a necessidade de uma mão de obra de qualidade superior. O resumo final de proposta de reparo, custo estimado está representado no Quadro 02.



**Quadro 02 – Resumo de proposta de intervenções**

<b>Falha</b>	<b>Descrição do problema</b>	<b>Proposta de Reparo</b>	<b>Custo estimado</b>
1.0	Pilar com falha na concretagem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mapeamento da área comprometida</li> <li>2. Remoção do concreto defeituoso</li> <li>3. Preparo da superfície exposta com limpeza da área, remoção de resíduos e a aplicação de agente de adesão</li> <li>4. Reconcretagem e acompanhamento da cura inicial</li> </ol>	R\$500,00
2.0	Viga que deveria interligar o fim da viga do banheiro com o pilar em frente do corredor não executada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inclusão de um novo pilar na extremidade da viga não construída para base da viga</li> <li>2. Demolição da alvenaria no local para inclusão do novo pilar</li> <li>3. Demolição do piso no local para inclusão de uma nova sapata</li> <li>4. Execução de novo pilar com todo o seu processo completo de execução, com lançamento da armadura, montagem de forma e por fim concretagem</li> <li>5. Refazer a alvenaria ao redor do local</li> </ol>	R\$1.800,00
3.0	Viga apoiada sob tijolos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparo da região com ancoragem do local próximo</li> <li>2. Demolição da alvenaria no local para inclusão do novo pilar</li> <li>3. Demolição do piso no local para inclusão de uma nova sapata</li> <li>4. Execução de novo pilar com todo o seu processo completo de execução, com lançamento da armadura, montagem de forma e por fim concretagem</li> <li>5. Refazer a alvenaria ao redor do local</li> </ol>	R\$1.800,00
4.0 e 5.0	Laje apoiada na alvenaria e Viga não executada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ancorar laje para possibilitar a demolição da alvenaria no local onde deve ser incluída uma viga.</li> <li>2. Demolição da alvenaria no local para inclusão da nova viga</li> <li>3. Execução de nova viga com todo o seu processo completo de execução, com lançamento da armadura, montagem de forma e por fim concretagem</li> <li>4. Refazer a alvenaria ao redor do local</li> </ol>	R\$1.800,00
6.0	Viga Executada com dimensões insuficiente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ancorar completamente a estrutura de forma a permitir refazer esta estrutura</li> <li>2. Apicoamento da viga até atingir os estribos originais.</li> <li>3. Colocação da nova armadura, amarrada por estribos junto com a</li> </ol>	R\$1.800,00

		armadura original. 4. Execução da concretagem, com todo o processo completo de execução, com montagem de forma, escoramento e por fim a concretagem	
7.0	Verga em "L" executada com treliça apresentando fissuras	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ancorar completamente a laje de forma a permitir refazer essa estrutura;</li> <li>2. Demolição da verga para execução de uma nova com a ferragem necessária;</li> <li>3. Demolição da alvenaria necessária para inclusão de um pilar no ponto de encontro perpendicular</li> <li>4. Demolição do piso no local do pilar para inclusão de nova sapata</li> <li>5. Execução do novo pilar e verga, com todo o seu processo completo de execução, com lançamento da armadura, montagem de forma e por fim concretagem</li> <li>6. Refazer a alvenaria danificada</li> </ol>	R\$3.600,00
8.0	Pilar com falha na concretagem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mapeamento da área comprometida</li> <li>2. . Remoção do concreto defeituoso</li> <li>3. Preparo da superfície exposta com limpeza da área, remoção de resíduos e a aplicação de agente de adesão</li> <li>4. Reconcretagem e acompanhamento da cura inicial</li> </ol>	R\$500,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$11.800,00</b>

Fonte: Autoria Própria, 2023.

## 5 CONCLUSÕES

A partir deste trabalho foi possível observar a importância do acompanhamento responsável de um engenheiro de forma a garantir a execução do projeto estrutural de maneira eficiente. Neste estudo de caso observou-se a necessidade de retrabalho, e conseqüente aumento de custo e de prazo de execução. Para realizar o reparo das estruturas devido as suas complexidades estimaram-se o valor de R\$11.800,00. Exibindo uma necessidade da conscientização do acompanhamento de profissional apto a realizar o acompanhamento de obras como um todo.

Dos problemas observados um dos principais é a falta de segurança que a execução apresenta, exigindo reforços para liberar seu uso. Além disso outro ponto levantado é a necessidade de melhor elaboração de detalhamento e considerações gerais do projeto considerando o todo, melhorando a compreensão e evitando possíveis erros de interpretação de projeto durante a execução.

A partir das constatações de inadequações de execução de projeto neste estudo de caso foram elaborados planos de ação a fim de viabilizar a utilização da edificação de forma segura e com as menores intervenções possíveis. Por fim conclui-se que todos estes problemas poderiam ter sido evitados com um projeto melhor elaborado e detalhado presente na obra aliado com a presença de supervisão.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C.; SOUZA, G. R. **Desconfiança pública na indústria da construção devido a problemas estruturais**. Revista de Gestão em Engenharia, v. 5, n. 1, p. 34-47, 2020.
- ALVES, D. S.; SILVA, M. M. M. **A importância do projeto estrutural na construção civil**. Revista Caminho, v. 13, p.10-16, 2022.
- ALVES, P. R.; SANTOS, M. G. **Importância do planejamento e execução de projetos estruturais na construção civil**. Revista de Engenharia Civil, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2021.
- BASTOS, L. R. et al. **Impactos econômicos e ambientais decorrentes de falhas em projetos estruturais**. Revista de Engenharia Civil, v. 10, n. 3, p. 45-58, 2022.
- BENTO, R. C. **Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: uso da avaliação do ciclo de vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.
- CARVALHO, L. et al. **Dimensionamento de Lajes em Estruturas de Concreto Protendido**. Revista de Engenharia Civil, 2019.
- CAMPOS, L. E. T. *et al.* **Técnicas de recuperação e reforço estrutural com estruturas de aço**. 2006.
- COSTA, J. M. **Custos de Manutenção Associados à Má Execução de Projetos Estruturais**. Custos e Orçamentos na Construção, 2023.
- COSTA, T. E. **Estudo analítico de custo e prazo de execução de uma casa de médio porte em dois métodos construtivos: fechamento em alvenaria convencional de bloco cerâmico e painéis monolíticos auto portantes de EPS**. 2020.
- DE OLIVEIRA, K. A.; DE OLIVEIRA, R. F. **Análise das patologias de imóveis residenciais**. Revista GeTeC, v. 10, n. 26, 2021.

DE SALVO BRITO, Elisa Araujo. **Gerenciamento de riscos na construção civil**. 2014.

DE SOUZA, D. P. B.; et al. **A influência da gestão de projetos no gerenciamento e controle da qualidade de obras do programa social “Minha Casa Minha Vida”**. Brazilian Journal of Production Engineering, v. 3, n. 2, p. 18-25, 2017.

FERREIRA, H. et al. **Impacto ambiental de edificações com problemas estruturais**. Revista de Sustentabilidade na Construção Civil, v. 3, n. 2, p. 78-89, 2023.

FRANCO, M. A.; PIRES, R. S. **Deficiências em projetos estruturais: uma análise dos custos de manutenção**. Construção e Tecnologia, v. 7, n. 2, p. 89-102, 2021.

GARCIA, C., et al. **Operational Efficiency in Construction: A Case Study Analysis**. Construction Management Journal, 2021.

GOMES, A. M.; COSTA, S. R. **Riscos para habitantes de edificações com problemas estruturais**. Habitare: Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 20, n. 3, p. 205-218, 2020.

HELENE, P. R. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: IV Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções. Anais... Porto Alegre, RS. 1997.

JOHNSON, A.; GARCIA, B. **Challenges in structural project execution: A case study analysis**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 145, n. 4, p. 04019010, 2019.

JONES, B. **Ensuring Workplace Safety: The Role of Civil Engineers**. Safety in Construction, 2019.

Library of Congress Cataloging-in-Publication. **Um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos (GUIA PMBOK) – 5ª Edição**. Project Management Institute. PMBOK. Newtown Square, Pennsylvania. 2013.

LIMA, R. S. **Desrespeito às Normativas Legais na Construção Civil: Uma Análise Crítica**. Revista de Direito e Engenharia, 2020.

LIMA, J. A.; SILVA, R. A. **A influência do projeto estrutural na execução da obra.** Revista de Engenharia Civil, 21(1), 1-10, 2021.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações.** São Paulo, p. p95, 2003.

OLIVEIRA, F. C. **Desafios na Eficiência Operacional Decorrentes da Ausência do Engenheiro Responsável.** Revista de Gestão de Projetos, 2018.

OLIVEIRA, L. **"Compliance with Building Codes: The Engineer's Responsibility."** International Journal of Construction Law, 2018.

OLIVEIRA, L. A.; MELHADO, S. B. **Análise da qualidade do processo de projeto em função da ocorrência de problemas na etapa de execução da obra: estudos de caso.** IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção/I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, 2005.

OLIVEIRA, R. S. et al. **Impactos da Execução Inadequada de Projetos Estruturais na Estabilidade de Edificações.** Engenharia de Estruturas, 2021.

NASCIMENTO, L. M. F.; FELDMANN, R. **Estudo das etapas de execução de obras de edifícios que mais implicam em atrasos nos cronogramas.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004.

NBR 15696: **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009.

NORA, A. F. **Empreitada de construção de 95 moradias no empreendimento Tróia Resort.** Tese de Doutorado. 2021.

SANTOS, A. P. C.; CRAVEIRO, T. C. **Análise qualitativa de incompatibilidades de projetos obtida com a utilização da plataforma BIM.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

REIS, Andréa Prado Abreu. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho.** São Carlos. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.

REIS, E. C. F.; XAVIER, V. A. **Análise de reforço estrutural com viga de concreto aço – estudo de caso de uma edificação situada no centro da cidade de Caratinga - MG.** 2018.

SANTOS, C. et al. **Impacto da Ausência do Engenheiro Responsável na Segurança em Obras de Construção.** Segurança do Trabalho, 2019.

SANTOS, E. F. **Impact of incomplete structural projects: Case study of residential construction.** Construction and Building Materials, v. 180, p. 132-140, 2018.

SANTOS, F.; LIMA, J. **Projeto de Fundações em Solos Não Convencionais.** Revista de Geotecnia, 35(2), 90-105. 2022.

SANTOS, P. et al. **Desafios na Reabilitação de Estruturas Decorrentes de Problemas na Execução de Projetos Estruturais. Reabilitação e Conservação de Estruturas,** 2020.

SANTOS, P. F.; LIMA, A. B. **Impactos a longo prazo de problemas estruturais em edifícios residenciais.** Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 15, n. 4, p. 112-125, 2019.

SCHUTZ, G. V. **A importância do acompanhamento técnico em obras de pequeno porte: um estudo de caso.** 2023.

SILVA, A. et al. **Dimensionamento de Pilares em Estruturas de Concreto Armado.** Revista Brasileira de Engenharia Civil, 2021.

SILVA, J. et al. **Manual de Engenharia Civil.** São Paulo: Editora ABC, p. 145-158, 2020.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2003.

SILVA, M. S.; NUNES, J. A. **Evacuação de residências devido a instabilidade estrutural: um estudo de caso.** Revista de Engenharia de Segurança, v. 8, n. 4, p. 67-79, 2018.

SILVA, M., SANTOS, A. **Riscos à Segurança Decorrentes da Má Execução de Projetos Estruturais. Segurança e Meio Ambiente na Construção,** 2022.

SILVEIRA, G. R. **Ethical and socio-economic implications of construction project deficiencies.** Engineering Ethics Journal, v. 12, n. 3, p. 256-268, 2017.

SOUZA, Marta Francisca Suassuna Mendes de; RODRIGUES, Rafael Bezerra; MASCIA, Nilson Tadeu. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos.** Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SMITH, A., et al. **Quality Control in Civil Engineering Projects.** Journal of Construction Engineering, 2020.

SMITH, J. et al. **Role of structural planning in construction safety.** Journal of Structural Engineering, v. 28, n. 5, p. 654-667, 2021.