

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA - AVEC  
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - BACHARELADO

FELIPE JUVENAL BATISTA PEREIRA

**FALHAS NO PROJETO ESTRUTURAL: UMA ANÁLISE DAS ESTRUTURAS  
EMPÍRICAS SOB A ÓTICA DA NBR 6118/2014**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE  
2021

FELIPE JUVENAL BATISTA PEREIRA

**FALHAS NO PROJETO ESTRUTURAL: UMA ANÁLISE DAS ESTRUTURAS  
EMPÍRICAS SOB A ÓTICA DA NBR 6118/2014**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Área de Concentração: Estrutura em concreto armado

Orientador(a): Me. Fábio Astrogildo dos Santos

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE

2021

Dedico este trabalho a Deus, sem ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho e a minha mãe que graças ao seu esforço pude concluir meu curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por toda a força que tem me concedido, por nunca me abandonar nas horas difíceis, por me ajudar a vencer todas as dificuldades.

A minha mãe, minha irmã que sempre me incentivaram em todos os momentos a nunca desistir, por toda compreensão, paciência ao longo de todo curso e na realização desse trabalho.

Ao meu professor orientador Fábio Astrogildo que me deu todo apoio e motivação necessária para que eu conseguisse realizar o trabalho, por todos os ensinamentos, correções, conselhos, na minha formação profissional e pessoal como uma pessoa melhor.

*“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”*

*Albert Einstein, 2013.*

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de descrever as principais manifestações patológicas encontradas em uma edificação e indicar os erros no dimensionamento e execução do projeto estrutural de edificação unifamiliar localizada no município de Bom Jardim sem acompanhamento técnico. Estas manifestações patológicas podem ocorrer muito antes do previsto em projeto fazendo com que a estrutura tenha a sua durabilidade reduzida, afetam os parâmetros de segurança da construção, demandando recursos monetários consideráveis para recuperar tais estruturas enfermas. Estas manifestações podem ter origem em qualquer etapa no processo construtivo, observando-se, assim, a necessidade de manutenções preventivas, do controle tecnológico dos materiais empregados, de uma padronização e qualidade na execução dos projetos e da qualidade dos processos de execução. Antes de se corrigir uma patologia, é necessário saber sobre sua origem e o que pode ter causado tal patologia. O trabalho se justifica pela execução do projeto estrutural sendo a edificação de pequeno, médio ou grande porte. Logo, a conclusão do trabalho e a execução da estrutura da forma correta, dentro da norma vigente de estrutura e que atenda as solicitações de carregamento traria um custo adicional, tanto por parte da execução dos projetos como também com o aumento de material e mão de obra para executar o mesmo, tendo em vista essa diferença entre o custo final da mesma e levando em consideração as falhas de uma falta de projeto e acompanhamento.

**Palavras-chave:** Estrutura. NBR 6118/2014. Parâmetro. Patologias.

## **ABSTRACT**

The present work was developed with the objective of describing the main pathological manifestations found in a building and indicating errors in the design and execution of the structural project of a single-family building located in the city of Bom Jardim without technical supervision. foreseen in the project, causing the structure to have its durability reduced, affect the safety parameters of the construction, demanding considerable monetary resources to recover such diseased structures. These manifestations can originate at any stage in the construction process, thus observing the need for preventive maintenance, technological control of the materials used, standardization and quality in the execution of projects and the quality of the execution processes. Before correcting a pathology, it is necessary to know about its origin and what may have caused the pathology. The work is justified by the execution of the structural project, whether the building is small, medium or large. Therefore, the completion of the work and the execution of the structure in the correct way, within the current structure standard and that meets the loading requests would bring an additional cost, both for the execution of the projects and also with the increase of material and labor. work to execute the same, in view of this difference between the final cost of the same and taking into account the failures of a lack of design and monitoring.

**Keywords:** Structure. NBR 6118/2014. Parameter. Pathologies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Classificação das fissuras em alvenarias.....	20
<b>Figura 2</b> - Fissura geométrica.....	20
<b>Figura 3</b> - Fissura mapeada causada por retração de secagem da argamassa.....	20
<b>Figura 4</b> - Trinca.....	21
<b>Figura 5</b> - Rachadura.....	22
<b>Figura 6</b> - Identificação do cobrimento (c) na seção de um pilar .....	24
<b>Figura 7</b> - Vida útil das estruturas de concreto.....	32
<b>Figura 8</b> - Consideração das incertezas probabilísticas na vida útil das estruturas de concreto armado.....	32
<b>Figura 9</b> - Residência unifamiliar localizada no Distrito de Umari.....	37
<b>Figura 10</b> - Planta baixa Térreo.....	39
<b>Figura 11</b> - Planta Baixa 1º Pavimento.....	40
<b>Figura 12</b> - Planta Baixa 2º Pavimento.....	41
<b>Figura 13</b> - Planta Baixa estrutural térreo .....	48
<b>Figura 14</b> - Planta Baixa estrutural laje técnica.....	49
<b>Figura 15</b> - 3D da Estrutura.....	51
<b>Figura 16</b> - Detalhamento viga 357.358.359,360,361,362. ....	56
<b>Figura 17</b> – Área de aço necessária e efetiva. ....	57
<b>Figura 18</b> - Detalhamento viga 357.358.359,360,361,362 executada. ....	58
<b>Figura 19</b> - Área de aço necessária e efetiva. ....	59
<b>Figura 20</b> – Armadura transversal da viga exposta. ....	60



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Correspondência entre classes de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $c=10\text{mm}$ .....	26
<b>Tabela 2</b> – Classe de agressividade ambiental.....	27
<b>Tabela 3</b> – Resistência à compressão .....	34
<b>Tabela 4</b> – Coeficiente de capilaridade .....	34
<b>Tabela 5</b> – Peso próprio dos blocos e pisos .....	43
<b>Tabela 6</b> – Peso próprio das alvenarias .....	44
<b>Tabela 7</b> – Sobrecarga de utilização.....	45
<b>Tabela 8</b> – Sobre carga de utilização.....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ELS Estados Limites de Utilização

ELU Estados Limites Último

NBR Norma Brasileira

RCC Resíduos da Construção Civil

3D Três Dimensões

USP Universidade De São Paulo

VI Variável Instrumental

VUP Vida Útil do Projeto

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Patologias</b> .....	16
2.1.1	A Definição de Patologia para a Engenharia Civil.....	17
2.1.2	Patologias Comuns em Concreto Armado.....	18
<b>2.2</b>	<b>Principais Patologias nas Edificações</b> .....	20
2.2.1	Fissuras .....	20
2.2.2	Trincas .....	22
2.2.3	Rachaduras .....	23
2.2.4	Cobrimento de Armadura.....	24
2.2.5	Corrosão de Armadura .....	26
<b>2.3</b>	<b>ABNT NBR 6118/2014</b> .....	28
<b>2.4</b>	<b>Elementos Estruturais</b> .....	29
<b>2.5</b>	<b>Durabilidade</b> .....	30
2.5.1	Previsão da Vida Útil .....	32
<b>2.6</b>	<b>Tensões Térmicas</b> .....	33
<b>2.7</b>	<b>Deformação por Retração</b> .....	34
2.7.1	Classificação das Argamassas.....	34
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	36
<b>3.1</b>	<b>Tipo de Pesquisa</b> .....	36
<b>3.2</b>	<b>Local de Pesquisa</b> .....	37
<b>3.3</b>	<b>Método da Coleta de Dados</b> .....	38
<b>3.4</b>	<b>Método da Análise do Dados</b> .....	43
3.4.1	Quantificação das Cargas.....	43
<b>3.5</b>	<b>Procedimentos Metodológicos</b> .....	51
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO DO CASO</b> .....	52
<b>4.1</b>	<b>Esforços Pilares</b> .....	53
<b>4.2</b>	<b>Esforços Vigas</b> .....	56
<b>4.3</b>	<b>Verificações Pilares</b> .....	56
4.3.1	Armadura Longitudinal.....	57

<b>4.4</b>	<b>Verificações Vigas .....</b>	<b>57</b>
<b>4.5</b>	<b>Cobrimento de Armadura.....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As estruturas em concreto armado estão presentes por toda parte, principalmente no Brasil, onde é o método convencional. O concreto é o segundo material mais consumido no mundo, perdendo apenas para a água (DINIZ, 2013). Pode-se subdividir as etapas da estrutura em duas partes: Superestrutura e infraestrutura. A superestrutura é toda a parte que se encontra acima do nível do solo, estão compreendidos na superestrutura: Lajes, vigas e pilares, nesta mesma sequência são os fluxos das cargas. Na infraestrutura se encontra os elementos de fundação: Vigas baldrame, sapatas, blocos, radier, tubulões e estacas. Os esforços subsistentes nas edificações inevitavelmente percorrem os elementos da superestrutura, que, projetadas de acordo com os parâmetros estabelecidos por norma e executadas de forma apropriada a que está sendo solicitada, consegue exercer a importante função de transferir os esforços aos elementos da infraestrutura, que por sua vez vão transferi-los ao solo. (MORAES & POLETO, 2018).

As normas buscam padronizar, organizar e qualificar a produção, seja ela de documentos ou procedimentos. Quando há um padrão a ser seguido, facilita a execução. Para as estruturas de concreto armado, foi criada a NBR 6118 em 1940 visando auxiliar com os parâmetros básicos para uma edificação, definindo: seções mínimas para as peças, classe de agressividade do ambiente, cobertura mínimo, limites de deformação das peças, controle de fissuração e proteção das armaduras, dando valores de ponderações de carregamento, resistência do material utilizado de forma que não superdimensiona a estrutura, entre outros possibilitando a execução de um projeto estrutural seguro e durável para residências de grande e pequeno porte. 2014 (ABNT NBR 6118, 2014).

As residências populares representam grande parte das edificações, e uma das principais características observadas nessas edificações é seu método construtivo – que é basicamente composto por concreto armado e alvenaria de vedação. O que chama atenção nessas obras é o planejamento da mesma, sendo realizadas com a ausência de um projeto estrutural, sem previsões de cargas, cálculos, sondagens do solo, levantamento topográfico ou até mesmo

desrespeitando recuos frontal, lateral, fundos que são determinados de acordo com as normas vigentes de cada cidade, utilizando apenas o método empírico para executar. Tendo em vista que a estrutura não trabalha de forma separada e sim de forma conjunta, recomenda-se o uso da NBR 6118/2014. (MORAES & POLETO, 2018; AMARAL, 2019).

Mesmo executando a residência de forma não recomendada, ou seja, sem projetos estruturais e arquitetônico, é pouco provável que a mesma venha colapsar, pelo fato da utilização do método empírico que muitas vezes resulta em um superdimensionamento da obra gerando desperdícios de materiais e gastos acima do necessário para o proprietário, que poderia estar com uma estrutura mais “leve” do que habitualmente se encontra nas edificações de pequeno porte. Uma peça superarmada consiste em uma situação que o aço não irá entrar no seu escoamento plástico portanto, não irá fissurar o concreto e “avisar” que está próximo a ruir, a peça irá romper por esmagamento do concreto na parte comprimida, o que torna a previsão quase impossível, colocando a vida de quem está residindo em risco (MORAES & POLETO, 2018).

O superdimensionamento e a falta de projeto que venha a planejar a obra tem como uma de suas consequências a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC). Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon): “o Brasil joga fora oito bilhões de reais ao ano porque não recicla seus produtos. Para termos idéia, os números indicam que 60% do lixo sólido das cidades vêm da construção civil e 70% desse total poderia ser reutilizado.” Além desse fator o descarte e destinação final do RCC se realizado de forma incorreta pode contaminar o solo, subsolo, águas, etc... Algo que consequentemente afeta a população de forma direta ou indiretamente.

O presente estudo tem como objetivo analisar a estrutura de uma residência unifamiliar que foi executada de forma empírica, sem nenhum projeto arquitetônico, estrutural e consequentemente sem acompanhamento de um responsável técnico. A vista disso, não seguindo parâmetros estabelecidos e critérios da NBR 6118/2014, devendo ser apresentado os principais erros presentes na estrutura e a forma de execução da mesma. Posteriormente apresentar um exemplo de como deveria ser executada para satisfazer as necessidades previstas em norma, tanto visando a segurança da estrutura como

também sua durabilidade e conforto aos usuários da mesma, dentro das normas da NBR 6118/2014. Assim, associar os erros convencionais em execuções com ausência de projeto e de acompanhamento, como também consequência diante da execução aplicando a forma empírica, com objetivo de apontar os erros no dimensionamento e executivos estruturais da edificação. (ABNT NBR 6118, 2014).

O problema que o trabalho busca apresentar está em quais as principais falhas na execução de um projeto estrutural realizado de forma empírica quando comparado a NBR6118/2014. Para que uma estrutura atenda de forma segura, confortável e além de tudo seja durável se faz necessários seguir alguns parâmetros que são estabelecidos para que aquela estrutura possibilite isso a quem vai utiliza-la. Os critérios buscam além de tudo auxiliar o projetista de modo que se aproxime da realidade da edificação que o mesmo vai projetar. (ABNT NBR 6118, 2014).

Nesse trabalho são levantadas as hipóteses em relação sobre, edificações que não estão regidas pela NBR 6118/2014 apresentam além de patologias estéticas, problemas estruturais devido ao mal dimensionamento, ocasionado por sobrecargas e estruturas subdimensionadas. Analisar a edificação de acordo com as observações na norma de durabilidade. (ABNT NBR 6118, 2014).

O objetivo geral apresentado neste trabalho se propõe em Indicar os erros no dimensionamento e execução do projeto estrutural de edificação unifamiliar localizada no município de Bom Jardim sem acompanhamento técnico e de modo específico; utilizar programa de cálculo estrutural para verificação da segurança da estrutura e redimensionamento de acordo com a NBR 6118/2014; analisar as dimensões mínimas de seção transversal e armadura longitudinal de pilares e vigas para atender os esforços solicitantes da edificação; mostrar a viabilidade da concepção estrutural na otimização do projeto estrutural; averiguar em quais situações os resultados foram mais críticos a estrutura.

O trabalho se justifica pela importância em se conhecer os riscos em projetos estruturais, e que esses processos afetam diretamente na vida útil, segurança e qualidade, ao saber-se dos riscos, torna-se fundamental a análise e o estudo para averiguação das estrutura de modo que sejam calculados e observados os carregamentos gerados pela construção e sua utilização,

posteriormente será feita uma análise do que foi executado e o que foi dimensionado de forma empírica atende ao solicitado. Afim de analisar os riscos gerados pela falta da execução sendo acompanhado por um responsável técnico e pela falta de projeto, visando a segurança dos moradores e durabilidade da obra em questão. Se faz necessário a execução do projeto estrutural sendo a edificação de pequeno, médio ou grande porte. Entretanto, na maioria dos casos se escolhe desenvolver o projeto arquitetônico, deixando de lado a segurança, além de gerar economia de materiais, seja por tornar a estrutura que seria superdimensionada em uma estrutura balanceada, ou seja por evitar o desperdício de materiais que são comprados de forma avulso quando projetada de forma empírica, além de desenvolver soluções para harmonização entre o projeto arquitetônico e a execução.

Diante do exposto a relevância do trabalho encontra-se em analisar os riscos da execução da edificação realizada de forma empírica, observando o quão distante do ideal está a estrutura que foi construída e apresentar a forma correta seguindo as normas, além de dimensionar a mesma para os carregamentos a qual está submetida.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Patologias

As patologias são companheiras das edificações elaboradas sem projetos, o termopatologia é proveniente do grego (pathos - doença, e logia - ciência, estudo) e significa “estudo da doença”. Se tratando das edificações as patologias podem ser ocasionadas por diversos fatores, em sua maioria acontecem por conta da falta de projeto e de acompanhamento técnico. Uma edificação executada sem o acompanhamento técnico ou sem a elaboração de um projeto, implica dizer que será realizada de forma empírica e por pessoas que não possuem conhecimento aprofundado sobre quais materiais estão usando, se são inertes, se sua combinação e exposição ao meio externo irá ter reação, consequências dessas exposições, o nível de dano que podem causar a estrutura, como evitar, diagnosticar e também solucionar esses problemas.

Nas estruturas de concreto armado, essas patologias fazem com que o comportamento conjunto da estrutura seja modificado, seja por perda de resistência, por vazios internos ou por outros fatores. Podem ser geradas na fase de execução, acontecendo nessa situação se faz possível o reconhecimento de forma mais rápida, por não estar finalizada. Localizando o problema deve ser estudada e elaborada a solução mais viável, se precisa de um reforço, ou se é mais simples de se resolver. Quando se tem uma patologia em uma edificação pronta, se torna uma situação mais obscura, pois deve estudar o projeto da edificação, analisar as possíveis causas, para assim começar a elaborar um plano de reparo.

Dentre as patologias mais comuns nas estruturas de concreto armado que compõem as edificações estão: Deformação estrutural, corrosão das armaduras, lixiviação de compostos hidratados, falta de cobrimento, segregação do concreto, fissuras. As quatro últimas patologias podem ser evitadas apenas por simples cuidados na execução e conhecimento básico das normas que regem projeto estrutural, o que expressa o baixo conhecimento técnico das obras que são executadas, a deformação de uma estrutura é prevista em projeto e também deve

passar nas verificações de deformação limite prescrita na NBR6118/2014 e o processo de lixiviação é na maioria das vezes é resultado da má qualidade do concreto (SILVA, 2006).

As falhas no projeto estrutural são um dos motivos pelos quais ocorrem as patologias nas edificações. Além das falhas, um dos problemas crônicos existentes é a falta de projeto e acompanhamento técnico nas obras, com sua estrutura e planejamento sendo realizado apenas de forma empírica, ocasionando uma diminuição significativa na durabilidade da estrutura.

O acompanhamento técnico é muito importante para solucionar imprevistos e correções que quase sempre são necessários na execução da obra, além do fato de fiscalizar de fato os serviços que estão sendo bem executados, o que traz a segurança de que o projeto está sendo seguido de forma adequada. Uma das formas de diminuir os imprevistos nas obras, é a aplicação do processo de compatibilização de projetos, e seu acompanhamento técnico.

A estrutura é constituída de um conjunto de elementos que estão interligados, com a função de resistir aos esforços que lhes solicitam, toda estrutura deve ser devidamente calculada levando em consideração suas características intrínsecas, particulares. Além disso, as normas estabelecem diversos parâmetros que obrigatoriamente devem ser seguidos para que se tenha um resultado satisfatório, trazendo conforto e segurança aos usuários. Dessa forma, deve-se reunir e seguir as orientações necessárias para que se torne possível a elaboração de um projeto que seja executável, seguro e econômico, de modo que evite patologias decorrentes de problemas estruturais (LOTTERMANN, 2013).

### 2.1.1 A Definição de Patologia para a Engenharia Civil

O termo patologia é utilizado por diversas áreas do conhecimento e se referem principalmente para designar “doenças”. Na Engenharia Civil o termo também se refere a doenças, porém de estruturas. Para melhor defini-la no âmbito da construção civil, Souza e Ripper (1998) apontam que patologia das estruturas se refere ao campo que estuda as origens, as manifestações e consequências de falhas que podem degradar as estruturas de uma construção. Destaca-se que em estruturas erguidas de forma rápida a ocorrência de patologias das mais diversas

formas pode ser uma realidade.

Cánovas (1988) aponta que algumas patologias podem ser visualizadas apenas com observação. No entanto, após a identificação destas é possível estabelecer a origem e a natureza do problema e neste sentido, Machado (2002) aponta que as manchas na superfície de concreto armado, fissuras e trincas, corrosão das armaduras de concreto armado e segregação dos materiais componentes são as manifestações de patologias mais incidentes.

### 2.1.2 Patologias Comuns em Concreto Armado

O concreto armado necessita de cuidados ao ser preparado para que tenha uma vida útil assegurada, bem como seu maior desempenho. Entretanto, quando ocorrem falhas na execução e falta de controle de qualidade durante sua execução o concreto pode apresentar problemas patológicos. A correta execução e o uso envolvem o estudo do traço, da dosagem, do manuseio e a cura adequados (SANTOS, 2014).

Cánovas (1988) acrescenta que a saúde das estruturas de concreto é importante para que estas desenvolvam suas funções de forma eficiente, entretanto, é possível que anomalias, falhas ou defeitos possam comprometer seu desempenho.

Os principais fatores que originam problemas patológicos estão relacionados principalmente com a fase de execução, e com o mal planejamento, conforme relata Fortes (1994).

Segundo Machado (2002) relaciona as principais incidências de manifestações patológicas em concreto armado, sendo elas em ordem decrescente: manchas, fissuras e trincas, corrosão das armaduras, segregação dos materiais componentes, deformações (flechas e rotações), deterioração e degradação. Estas anomalias se manifestam de forma característica, possibilitando que suas origens, mecanismos envolvidos e possíveis consequências sejam verificados por meio de inspeção visual (KLIMPEL; SANTOS, 2010).

As Fissuras, trincas e rachaduras, por exemplo, são patologias observadas em estruturas de alvenaria, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, e

são causadas principalmente por tensões dos materiais. Oliveira (2012) aponta que quando os materiais são solicitados com esforço maior do que podem resistir acontece uma abertura e dependendo a espessura, essa abertura pode ser uma fissura, uma trinca, rachadura ou brecha.

As corrosões são definidas por Helene (1992) como um fenômeno de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. Para Helene aponta ainda que os fatores que influenciam na corrosão da armadura estão integrados às características do concreto, ao meio ambiente e à disposição das armaduras nos componentes estruturais afetados.

## 2.2 Principais Patologias nas Edificações

### 2.2.1 Fissuras

Segundo Corsini (2010), as fissuras podem começar a surgir de forma pacífica. Na execução do projeto arquitetônico é um dos tipos mais comuns de patologias nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. Ela pode ser um indício de algum problema estrutural mais grave. Pelo fato de toda fissura originar uma possível patologia mais grave (trinca e rachadura).

Existem dois tipos de manifestações da fissura em alvenarias (Fig. 01), podendo ser geométricas (Fig. 02) ou mapeadas (Fig. 03). Segundo Corsini (2010), as fissuras geométricas (ou isoladas) podem ocorrer tanto nos elementos da alvenaria blocos e tijolos quanto em suas juntas de assentamento.

**FIGURA 1** – Classificação das fissuras em alvenarias



**Fonte:** Corsini (2010).

**FIGURA 2** – Fissura geométrica.

**Fonte:** Corsini (2010).

**FIGURA 3** – Fissura mapeada causada por retração de secagem da argamassa.

**Fonte:** Corsini (2010).

Já as fissuras mapeadas (também chamadas de disseminadas) podem ser formadas por retração das argamassas, por excesso de finos no traço ou por excesso de desempenamento.

No geral, elas têm forma de “mapa” e, com frequência, são aberturas superficiais. As fissuras podem ocorrer de forma ativa ou passiva, sendo que as ativas ainda podem ser subdivididas em sazonais ou progressivas.

As fissuras ativas (ou vivas) são aquelas que têm variações sensíveis de

abertura e fechamento, sendo as sazonais devido às variações de temperaturas, estas não apresentam riscos reais à estrutura, já a progressiva vai aumentar de tamanho no decorrer do tempo sendo estas perigosas para a vida útil da edificação.

A fissura é o primeiro estágio de uma possível patologia mais grave, pois toda trinca ou rachadura em algum momento foi uma fissura mesmo que momentaneamente. Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (2013) não apresenta nenhum problema estrutural grave para estrutura desde que não que aumente sua espessura no decorrer do tempo, sua espessura pode atingir até 0,5 mm.

### 2.2.2 Trincas

As trincas podem ser definidas como o estado em que um determinado objeto ou parte dele se apresenta partido, separado em partes. Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (2014) nesse caso, a abertura ultrapassa a camada do revestimento e podem afetar diretamente a estrutura interna, por representar a ruptura dos elementos, podem diminuir a segurança de componentes estruturais de um edifício. Mesmo sendo muito pequena e quase imperceptível deve ter a causa ou as causas minuciosamente pesquisadas. Sua espessura pode ser superior a 0.5mm podendo chegar a até 3mm, como mostra a Fig. 04.

**FIGURA 4 – Trinca.**

**Fonte:** Andrade, 2001.

### 2.2.3 Rachaduras

Falha contínua devido à falta de resistência de um determinado material às tensões e influências internas e externas a ele aplicadas. É um estado em que um determinado objeto ou parte dele apresenta uma abertura de tal tamanho que ocasiona interferências indesejáveis.

É o tipo de fissura mais grave e dependendo do local onde ocorre impossibilita o uso da edificação. Torna-se inviável uma possível medida de recuperação devido ao altocusto necessário. Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (2014) são aberturas de tamanho consideráveis, acima de 3 mm por onde podem passar luz, vento e água tem como característica a grande abertura, pronunciada, profunda e acentuada, como mostra a Fig. 05.



**FIGURA 5 – Rachadura.**

**Fonte:** Andrade, 2001.



#### 2.2.4 Cobrimento de Armadura

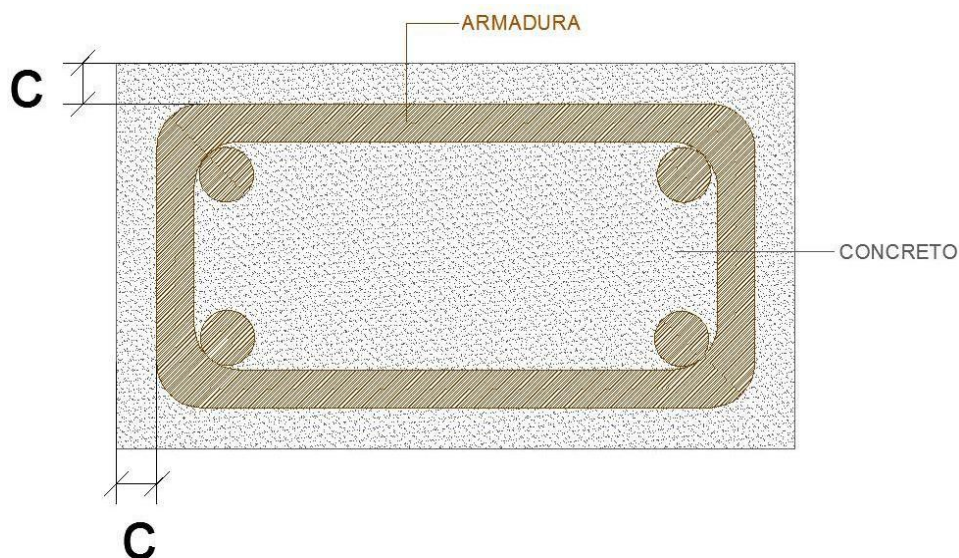
O cenário da construção civil tem solicitado cada vez mais a otimização das estruturas, de modo que a preocupação e o cuidado não são apenas com sua resistência mecânica, mas também com a durabilidade das estruturas. Um dos pontos que devem ser observados para garantir essas propriedades é o cobrimento de armadura, será exposto a abordagem da norma brasileira sobre cobrimento e suas oscilações. Deve ser observado com uma maior atenção os cuidados com a espessura da camada de cobrimento, e além de tudo os parâmetros estabelecidos por norma para cada situação, visto que existe uma variação de ataques a estrutura levando em consideração ao ambiente que está exposto.

Takata (2009, p. 38) afirma que “Cobrimento é uma proteção para a armadura que depende tanto da qualidade do concreto (que oferece uma proteção baseada no impedimento da formação de células eletroquímicas, através de proteção física e proteção química), quanto de uma camada com espessura adequada.”. O autor ainda afirma que o cobrimento deve proporcionar proteção a todas as barras da armadura, sendo medido da face externa da estrutura até a barra mais próxima, devendo ser

incluído também barras de estribos e armaduras secundárias.

Na fig.06 é identificado o cobrimento na seção de um pilar, em que o concreto envolve toda a armadura da peça

**FIGURA 6** – Identificação do cobrimento (c) na seção de um pilar.



**Fonte:** Autor (2021)

Referente à necessidade da qualidade e homogeneidade do concreto do cobrimento, Dal Molin (1988, p. 56) afirma que “É essencial evitar ‘ninhos’ e segregações. Uma compactação insuficiente pode aumentar a permeabilidade até um ponto em que a proteção das armaduras deixa de existir.” Um dos pontos essenciais para a otimização do desempenho do concreto é a cura da superfície e um bom adensamento que garanta a uniformidade da superfície.

Conforme Takata (2009, p. 38-39), a forma com que é lançado o concreto influencia no resultado final do cobrimento. O ataque de agentes agressivos externos, geralmente via águas residuais ou pela própria atmosfera, nas estruturas pode ser muito mais acentuado se não forem tomados certos cuidados anteriormente previstos na execução do concreto, como a homogeneidade e apropriação do teor de argamassa. O fato de ser a camada mais externa do elemento estrutural e servir como uma película protetora da armadura, leva o cobrimento a proteger também contra choques mecânicos que a estrutura possa sofrer. Tais proteções são caracterizadas abaixo pelo autor:

Proteção física: um bom cobrimento, com concreto em boas condições

(sem bicheiras, homogêneo e teor de argamassa adequado), já garante proteção à barra de aço por impermeabilidade;

Proteção química: proporciona uma película protetora da armadura (formada em ambiente alcalino para proteção das barras de aço). [...].

O concreto é um material que por mais que tenha todos os cuidados com a escolha dos melhores agregados, com o adensamento adequado, com uma boa qualidade, vão existir poros devido a composição dos agregados e da pasta de cimento. O grau de porosidade é proporcional a interação dos agregados com a pasta de cimento, e regula a entrada e saída de fluídos, para se abrandar a infiltração de substância na parte interna da estrutura deve-se diminuir a relação de a/c.

#### 2.2.5 Corrosão de Armadura

A corrosão de armadura é um fator que pesa bastante na durabilidade da estrutura, sabe-se que para ter uma boa durabilidade da armadura é necessário proteger a mesma, com o cobrimento correto para satisfazer a necessidade do local onde a edificação será construída, para que a estrutura seja durável é preciso fazer com que ela consiga ser resistente a agentes externos e além disso seja o menos porosa possível, pois é um fator que está diretamente ligado a penetração de agentes externos, se os agentes conseguem penetrar com facilidade a camada de concreto que deveria fazer a função de proteção irá se iniciar o processo de corrosão da armadura. Depois de se iniciar o processo de corrosão da armadura a mesma começa a perder sua seção das barras de aço, por se tratar de um processo evolutivo e que se agrava ao decorrer do tempo, o que compromete tanto a durabilidade como a segurança da estrutura.

A deterioração da armadura é desencadeada a partir de ações químicas ou eletroquímicas do meio ambiente, podendo ser associadas a esforços mecânicos. A intensidade de ataque por parte desses agentes indesejados que atingem a armadura podem ser tão danosos a ponto de corroer de modo a perder grande parte da seção de aço tornando possível a situação de colapso da estrutura, se a proteção passiva

do concreto que é proporcionada pelo seu pH elevado for perdida seja por uma porosidade elevada ou por deslocamento devido a expansão da armadura desencadeada pela corrosão implica dizer que o aço estará exposto diretamente ao meio ambiente, o que acelera ainda mais esse processo.

Silveira (2004, p. 13) afirma que “[...] a armadura é revestida com uma camada de passivação, que protege o aço da corrosão.”. Perdrix (1992 apud SILVEIRA, 2004) ressalta que tal camada é compacta e contínua, como uma capa de óxidos transparentes, com função de proteger o aço da estrutura por tempo indeterminado, ainda que se tenha contato com umidades elevadas no concreto. Apenas após o rompimento desta camada, caracterizado pela despassivação, é que se tem o início da corrosão. O cobrimento mínimo das armaduras está correlacionado a classe de agressividade ambiental, como mostra a tabela 01 .

**Tabela 1 –** Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para  $\Delta c = 10$  mm.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto Armado	Laje <sup>1)</sup>	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50

<sup>1)</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por  $c_{nom} \geq \phi$  barra, respeitando um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

**Fonte:** adaptado da Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007 p.19.

Sobre os fatores que levam a corrosão do aço no concreto, Vieira (2003, p. 9) afirma que:

O mecanismo de corrosão do aço está fundamentado nos princípios da corrosão eletroquímica, que só ocorre quando existe um eletrólito, uma diferença de potencial e a presença de oxigênio, podendo ser acelerada por agentes agressivos contidos ou absorvidos pelo concreto [...].

A respeito da agressividade ambiental e a sua conjuntura visando a segurança e o uso das estruturas, Lima (2011, p. 735-736) descreve que muitos são os parâmetros que afetam a estabilidade das estruturas de concreto armado, alguns exemplos deles são: Temperatura; Umidade relativa; Vento; Poluição; Agressividade da água. As classes de agressividade ambiental subdividem-se da seguinte maneira, conforme tabela 02.

**Tabela 2 – Classes de agressividade ambiental.**

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1), 3)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>1)</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>2)</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

<sup>3)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

**Fonte:** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007, p.16.

### 2.3 ABNT NBR 6118/2014

As estruturas devem ser dimensionadas seguindo os parâmetros estabelecidos pela NBR 6118/2014 para suprir as condições de qualidade. Que estão ligados a desempenho, resistência e durabilidade. Onde a mesma considera a definição de durabilidade como a capacidade resistente da estrutura a ações ao qual está sendo solicitada decorrente a influências ambientais. Para garantir a eficácia é imprescindível uma boa qualidade do

concreto e um cobrimento adequado, minimizando a penetração de cloretos que atinjam a armadura de forma prematura, causando perda de seção da mesma e diminuindo a vida útil.

Com a evolução das edificações, principalmente com a verticalização nos grandes centros urbanos a norma precisou ser revisada, acarretado também por influência dos gases liberados por veículos, tendo em vista que a última atualização tinha sido em 2003, a quantidade de veículos por habitantes aumentou consideravelmente no decorrer dos anos, se fazendo necessário um cobrimento maior para garantir a segurança da armadura, uma das modificações foi a alteração da seção mínima permitida pela norma para pilar, que era de 12 cm, e passou a ser de 14 cm (ABNT NBR 6118/2014).

## **2.4 Elementos Estruturais**

A análise da estrutura de forma que a mesma seja subdividida, facilitando a associação de visão a fim de cálculos e teoria faz nascer os elementos estruturais. a classificação dos elementos estruturais abrange a geometria e subclassificação que estão interligadas aos esforços que prevalecem no elemento. uma das principais características dos elementos especificado como lineares é ter um de suas dimensões bem maior que as restantes, isso importa dizer que para um comprimento longitudinal é igual ou superior ao triplo da maior dimensão da seção transversal do elemento o elemento linear pode ser caracterizado por seu eixo longitudinal, que normalmente tem comprimento limitado por interseção de eixo longitudinal de outro elemento. sendo ressaltado entre esses elementos as vigas e pilares.

Visando a determinação dos esforços, os modelos estruturais acatam composições de um ou mais elementos, de modo que esses modelos nomeados de esquema estrutural devem abranger diferentes esforços que estão atuando na estrutura, como também devem ter uso caracterizado e separado por tempo, algo permanente, variável, peso próprio da estrutura são exemplos de esforços que atuam. um elemento pode compor mais de um esquema estrutural, entretanto deve ser considerado e dimensionado para todos os esforços ao qual está solicitado por todos

os esquemas. Segundo Fusco (1976) chama de esquema estrutural primário o primeiro comportamento associado a um elemento estrutural, e que provoca os maiores esforços. porém, podem aparecer esforços não determinados pelo esquema estrutural primário, e devem ser idealizados tantos esquemas estruturais quantos forem necessários para que os esforços relevantes sejam conhecidos, para o dimensionamento das peças

## **2.5 Durabilidade**

De acordo com a NBR 15575:2010, a durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominada vida útil (ABNT NBR 15575-1, 2010).

A longevidade da vida útil da estrutura é fundamental, entretanto existe uma diferença entre vida útil e vida útil de projeto, de acordo com a NBR 15575/2013 vida útil: “período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos nesta Norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual)”. Vida útil de projeto “período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação

e manutenção (a VUP não pode ser confundida com o tempo de vida útil, durabilidade, e prazo de garantia legal ou contratual)”(ABNT NBR 15575-1, 2010).

As estruturas devem ser projetadas de forma que atendam a durabilidade de projeto, para que isso se torne possível, é preciso o estudo de diversos fatores que vão influenciar direta e indiretamente nesse quesito, para se projetar de acordo com a realidade do ambiente se faz necessário a ida na localidade da obra e a partir disso seguir os parâmetros que a norma exige para tal região, esses parâmetros servem para conhecer a interação da estrutura com o ambiente, a quais condições a estrutura estará submetida tendo em vista as ações externas. Como especificado na norma de desempenho outros fatores que influenciam são as condições de uso, operação e manutenção. Tendo a consciência que nenhum material é intrinsecamente durável, se explica a necessidade de reparos durante sua utilização, tais reparos devem ser realizadas de acordo com as especificações, sem a manutenção de forma periódica e de forma correta a edificação não atingirá a vida útil ao qual se foi imaginado no início do projeto, manutenções são essenciais para garantir a longevidade da estrutura (LAPA, 2008).

De acordo com a NBR 6118/2014, item 5.1.2.3, durabilidade “Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.” No item 5.2.1 “A solução estrutural adotada em projeto deve atender aos requisitos de qualidade estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura”(ABNT NBR 6118, 2014).

Outro fator que ocorre constantemente são as reformas, que estendem a quantidade de pavimento ou usam um espaço maior do terreno, modificando a dinâmica das cargas, e podendo conduzir a uma situação de subdimensionamento. Para reformas existe a NBR 16280/2014 item 5.1 “o plano de reforma deve ser elaborado por profissional habilitado por apresentar a descrição de impactos no sistema, subsistemas, equipamentos e afins da edificação, e por encaminhar o plano ao responsável legal da edificação em comunicado formal para análise antes do início da obra de reforma” (ABNT NBR 16280, 2014).



A durabilidade da estrutura apesar de ter uma relação direta com a qualidade dos materiais utilizados, não é apenas as características dos mesmos. A durabilidade, a vida útil da estrutura é resultado de uma interação entre a mesma e o ambiente ao qual se encontra, por tal motivo, se justifica a importância do estudo prévio sobre o local ao qual está situada, o histórico de fatores climáticos, entre outras características que devem ser analisadas de forma minuciosa. É considerado que um material chegou ao fim de sua vida útil quando ele perde suas características, o que torna seu uso ineficaz, inseguro e economicamente inviável. A alguns anos foram identificadas novas patologias em fundações, decorrentes de sua interação com o solo, onde constatou-se que a interação dos componentes presentes no cimento e no agregado graúdo, após contato com umidade, deixava de ser inerte e acarretava uma reação que acabava criando trincas no concreto que perdia sua resistência, o conhecimento dos materiais que serão usados é primordial para uma boa interação e consequentemente uma durabilidade satisfatória (GONÇALVES,2015).

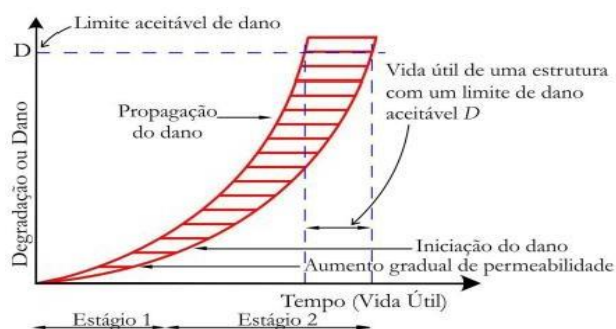
### 2.5.1 Previsão da Vida Útil

A NBR ressaltava que a vida útil de uma estrutura pode variar, um elemento estrutural não necessariamente terá a mesma vida útil de outro, podem ter um valor diferente, (POSSAN,2010, p. 32), afirma que se trata de um período em que a estrutura e as suas partes atendem requisitos de desempenho do projeto, excluindo qualquer tipo de intervenções de manutenção ou reparo. Conclui-se que a abordagem da NBR 6118 agrega os principais fatores de influência nas estruturas, além de ser mais abrangente. Já a abordagem da ISO 13823, insere na conceituação da vida útil o conceito de desempenho, sendo mais completa e atualizada.

Com o intuito de comparar a curva de comportamento da estrutura Mehta<sup>5</sup> (1994 apud POSSAN, 2010, p. 35) relaciona a degradação e a vida útil, conforme a figura 7. Observa-se que o comportamento não é linear, devido a falta de padrão de carregamento, uma vez que o carregamento na estrutura não é constante e

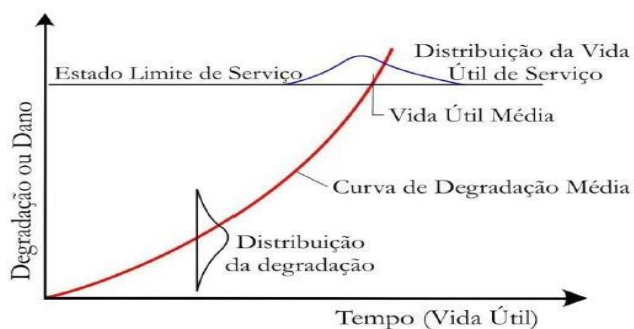
tem variação, como também é gerado pela interação com o ambiente. Nota-se também que existe um aumento do processo de degradação ao longo dos anos. Na figura 8, também exibida pelo autor, é apresentada a relação entre degradação e vida útil em termos probabilísticos.

**FIGURA 7 – Vida útil das estruturas de concreto.**



Fonte: MEHTA<sup>6</sup> 1994 apud POSSAN 2010, p. 35.

**FIGURA 8 – Consideração das incertezas probabilísticas na vida útil das estruturas de concreto armado.**



Fonte: MEHTA<sup>7</sup>, 1994 apud POSSAN, 2010, p. 36.

## 2.6 Tensões Térmicas

As tensões térmicas são ocasionadas por conta da variação de temperatura,

quando um devido material se encontra em uma região de frio extremo ou de calor extremo apesar de causar um tipo de reação na estrutura é menos prejudicial do que uma situação de amplitude térmica elevada.

O Brasil é um país que é caracterizado por atingir picos de calor durante o dia e ao anoitecer a temperatura cai bruscamente, gerando uma grande variação de temperatura, que dilata e contrai o material gerando esforços de tração com o passar do tempo vão ocasionar fissuras no concreto.

A queda de temperatura repentina faz com que a superfície do concreto acompanhe a diminuição da temperatura enquanto o interior ainda está com temperatura elevada, o que gera um choque térmico que pode ocasionar deslocamento. (LAPA, 2008).

## **2.7 Deformação por Retração**

A retração é uma manifestação que ocorre devido a deformações seja em pastas de cimento, argamassa ou concreto. Esse processo independe de carregamentos, o principal fator desencadeante é a perda de água, podendo acontecer no estado plástico ou endurecido.

A intensificação desse processo é diretamente ligada a quantidade de cimento consumida, quanto maior a quantidade maior a intensificação da retração, além disso a relação a/c e finos existentes no concreto. Se a evaporação da água acontecer de forma mais rápida que a exsudação pode acontecer fissuras por retração plástica. (LAPA, 2008).

### **2.7.1 Classificação das Argamassas**

A NBR 13281 (ABNT, 2005) – estabelece exigências para argamassa utilizada em assentamento e revestimento de paredes e tetos, aplicados igualmente em argamassa industrializada, dosada em central e preparada em obra.

A norma apresenta requisitos com relação a resistência à compressão, densidade de massa aparente no estado endurecido, resistência à tração na flexão, coeficiente de capilaridade, densidade de massa no estado fresco, retenção de água e resistência potencial de aderência a tração. As tabelas 3 e 4 apresentam classificações segundo a NBR 13281.

**TABELA 3 – Resistência à compressão.**

Classe	Resistência à compressão (MPa)	Método de ensaio
P1	≤ 2	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: NBR 13281 (2005).

**TABELA 4 – Coeficiente de capilaridade.**

Classe	Coeficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	> 10,0	

Fonte: NBR 13281 (2005).

### **3 METODOLOGIA**

O presente estudo tem como propósito o levantamento da planta baixa arquitetônica e da planta baixa estrutural de uma residência executada de forma empírica, buscando encontrar os erros existentes e como deveria ser sua execução adequada. Portanto, caracterizando como estudo de caso.

Este trabalho é desenvolvido com o auxílio de programas de projeto (Autocad) para a execução da planta baixa, posteriormente o programa utilizado é o de projeto estrutural (Cypecad) para lançamento da planta para análise e verificação da estrutura existente, de acordo com as normas que regem o programa. Com os resultados obtidos, será diagnosticado os pontos críticos da estrutura como resultado, onde estão as principais falhas. Posteriormente será realizada a nova concepção estrutural e um projeto dentro das normas.

Tendo em vista a enorme quantidade de edificações com problemas decorrentes da falta de projetos, por serem executadas de forma empírica e a insatisfação dos usuários após a utilização, por desconforto e falta de segurança. A partir disso surge a necessidade de uma análise de modo a observar onde estão os erros no projeto empírico, os riscos, a falta de durabilidade, patologias. Consequências da falta de projeto.

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

O método utilizado será baseado em uma pesquisa de campo para elaboração de um estudo de caso, para análise de uma estrutura com o método construtivo sendo concreto armado, tal estrutura se refere a uma obra residencial e futuros problemas relacionados a ausência de projeto, com base nas revisões bibliográficas, normas ABNT, pesquisas em livros e sites de engenharias.

As etapas para a realização do estudo foram: 1ª Análise da obra; 2ª Análise que indicam os procedimentos de execução de serviços e suas fiscalizações; 3ª Observação das patologias; 4ª Análise da mão de obra; 5ª Acompanhamento das propostas de como deveriam ser executada e 6ª Análise dos resultados.

A pesquisa se configura de forma descritiva e explicativa com abordagem qualitativa, apresentando um estudo de caso. (LÜDKE, ANDRÉ, 1986). A amostragem dos dados foi feita com a realização da análise do conteúdo, presente nos livros técnicos e científicos com base nas revisões bibliográficas, normas ABNT, pesquisas em livros e sítios web de engenharias.

Contudo, a pesquisa de campo do trabalho busca demonstrar por investigações somadas às pesquisas bibliográficas, documentais e coleta de dados elaboração de um estudo de caso, para análise e análise das principais falhas estruturais na edificação que foi realizado o estudo de caso.

### **3.2 Local de Pesquisa**

A obra em análise nesta pesquisa é uma residência unifamiliar localizada no Distrito de Umari, Bom Jardim. No agreste do estado de Pernambuco, em zona rural, onde a qual foi executada sem acompanhamento técnico e projeto estrutural, a residência se encontra atualmente como está na figura 09, os proprietários já estão morando na mesma. Tendo em vista a forma a qual foi executada chamou atenção por ter uma área considerável construída, uma estrutura esbelta e também o fator de ser executada sem projeto algum.

**FIGURA 9** – Residência unifamiliar localizada no Distrito de Umari.



**Fonte:** Autor (2021).

### **3.3 Método da Coleta de Dados**

Neste capítulo do trabalho é detalhado o processo do método de coleta de dados, estabelecido juntamente com o método que foi visado como objetivo para o presente trabalho. O capítulo descreve ainda como foram obtidos os dados em campo, realizado os levantamentos da residência visitada, a forma que foi transcrito esses dados aos programas que auxiliaram na execução deste trabalho.

A cerca dos dados da obra, tinham como principal objetivo realizar o levantamento de toda arquitetura da residência, tendo em vista a falta de elaboração de projeto arquitetônico não se tinha as cotas, distâncias, etc... Com a utilização de uma trena convencional inicialmente foram coletadas as medidas do terreno para conhecer sua real dimensão, logo depois foi determinado o ponto 0 que tem a função de servir como referência para as devidas distâncias encontradas, a partir disso foi coletada todas as cotas de alvenarias. Analisando a residência foi obtido que primeiro pavimento se replica no segundo pavimento que são a residência da família, o pavimento térreo é utilizado como garagem. Mas, com o intuito final de ser um ponto comercial, a caixa d'água fica em uma laje acima do segundo pavimento em uma laje técnica. Após encontrar as cotas entre as alvenarias para a realização da plana baixa foi efetuado a sua

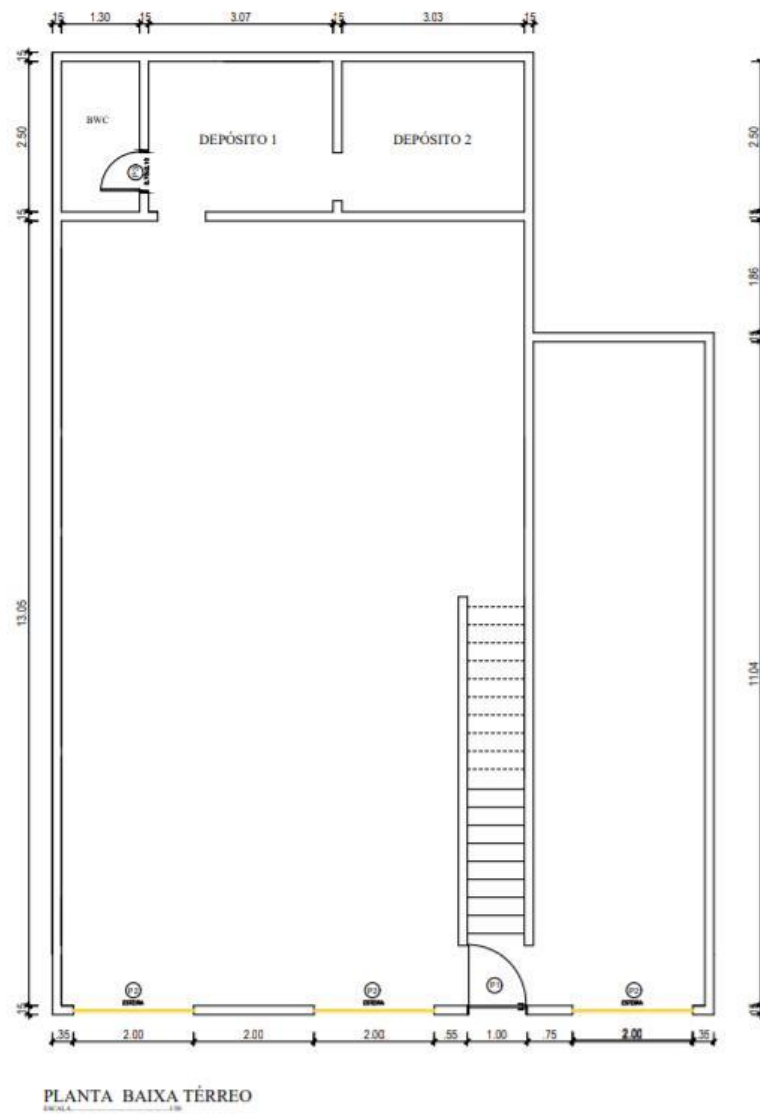
transcrição para o Autocad, depois de finalizar esse processo foi conferido se estava conferindo com as medidas encontradas no levantamento, constatando que estavam todas corretas, foi dado andamento ao trabalho com o outro levantamento que se refere a estrutura, como já se tinha acesso a planta arquitetônica, foi medido a seção transversal dos pilares e locado os mesmos na planta arquitetônica de acordo com as alvenarias, foi escolhido um pilar para ser a referência e obter as cotas dos demais. Seguidamente a locação de todos os pilares na planta baixa foi coletada as seções transversais das vigas do pavimento térreo e seus devidos comprimentos, o mesmo foi realizado nos demais pavimentos, também foi colhido onde existe laje e sua devida espessura. A etapa de fundação em função da impossibilidade de se ter acesso por já ter sido coberto e não existir nenhum ponto que fosse possível se fazer alguma medição, análise, foi descartada do presente trabalho.

A obtenção dos valores de cobertura da armadura longitudinal e transversal dos pilares, vigas e lajes foram realizados subsequente a concretagem, foram selecionadas algumas vigas e pilares para ocorrer a medição, o material escolhido para fazer a medição foi um paquímetro metálico.

Nas figuras 10 a 12, estão apresentadas os lançamentos da planta baixa da residência no software de projeto Autocad, demonstrando a divisão dos ambientes.

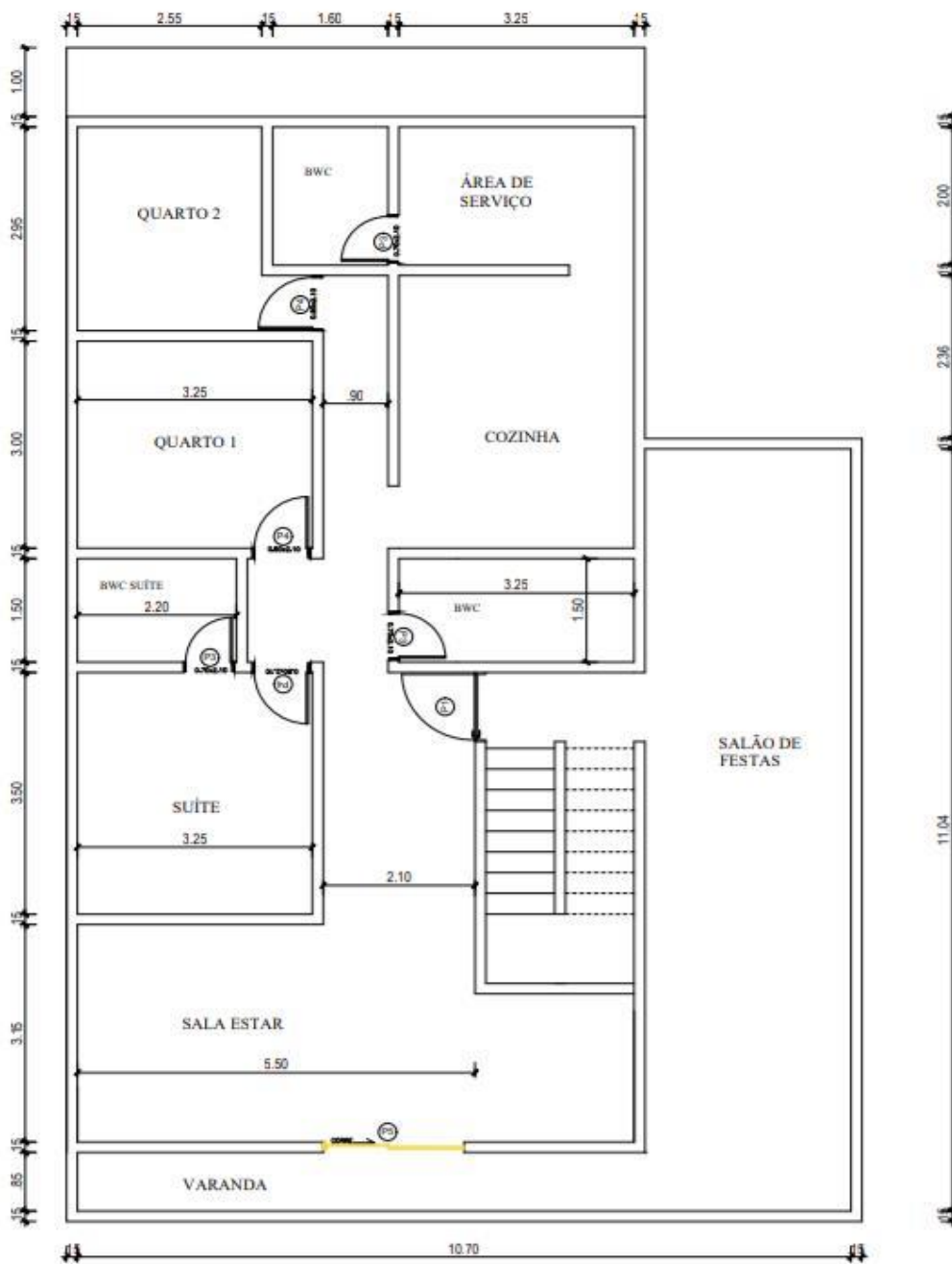


FIGURA 10 – Planta baixa Térreo



Fonte: Autor.

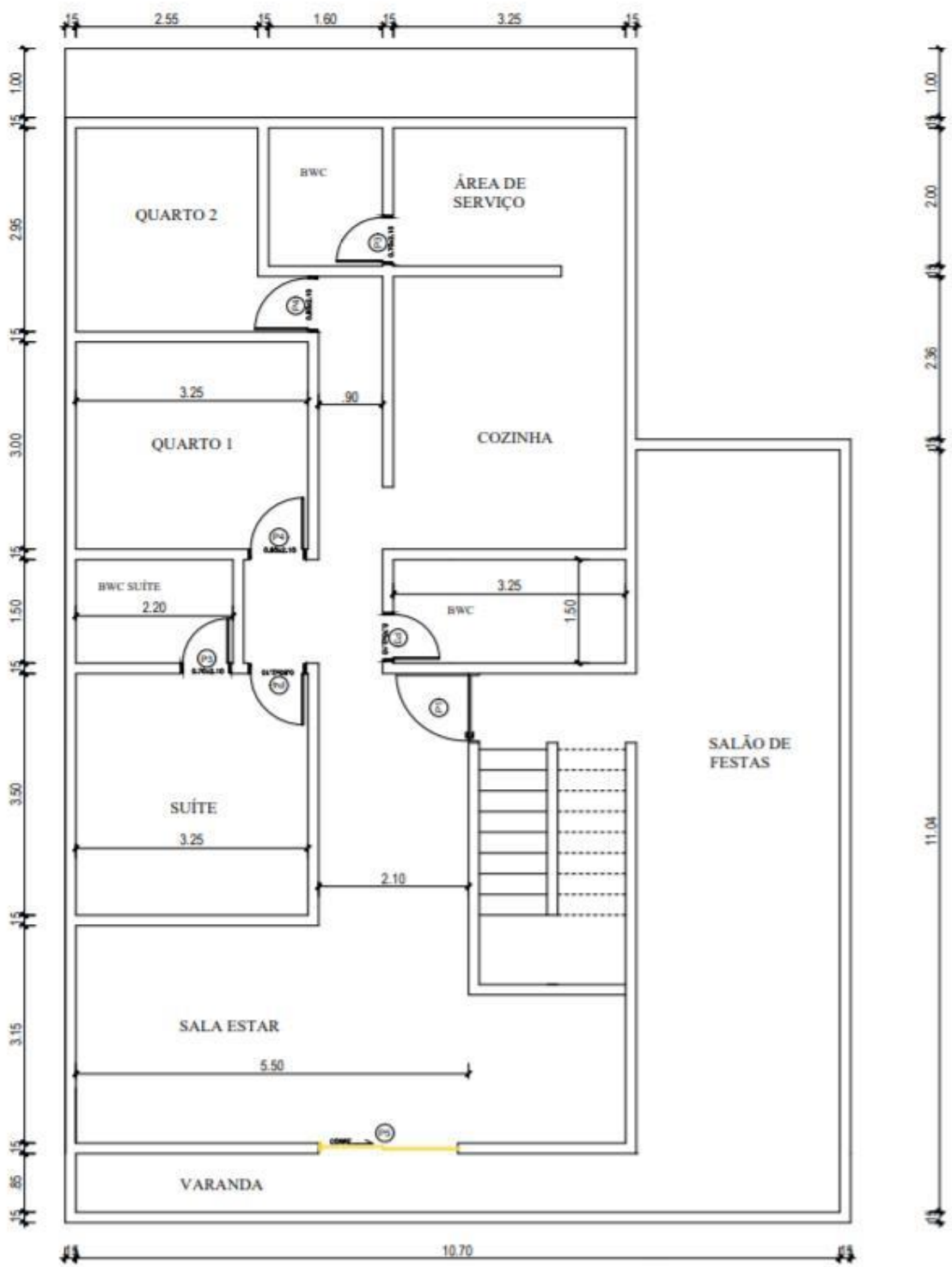
FIGURA 11 – Planta Baixa 1º Pavimento



PLANTA BAIXA 1º PAVIMENTO  
ESCALA 1:50

Fonte: Autor.

FIGURA 12 – Planta Baixa 2º Pavimento



PLANTA BAIXA 2º PAVIMENTO  
 ESCALA 1/50

Fonte: Autor.

### 3.4 Método da Análise do Dados

Logo após a obtenção dos dados e do levantamento de toda edificação, foi passado todo os dados da estrutura que estavam no programa Autocad para o software estrutural onde viria a ser realizado o dimensionamento da edificação, o programa Cypecad. Foram exportados todos os pilares que haviam sido locados no Autocad, com isso possibilitou o lançamento das vigas de acordo com as suas respectivas seções transversais e comprimentos coletadas no levantamento realizado em campo na edificação, a partir disso foram especificados os dados gerais para aquela edificação, seguindo as instruções normativas de projeto estrutural que apresentam os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados para a elaboração de estruturas em concreto armado. Para o desenvolvimento do projeto foram seguidas as normas: NBR 6118/2014, NBR 14931/2004, NBR 6120/2019, NBR 6123/1988, NBR 8681/2004. Para as considerações de materiais utilizados foram escolhidos Fck do concreto, se foi usinado ou rodado em obra, tipo de aço.

#### 3.4.1 Quantificação das Cargas

Subsequentemente a obtenção dos dados e do levantamento de toda edificação, foram classificados os cômodos, para que assim fossem quantificados os carregamentos que seriam dispostos na laje. Para parâmetro de todo carregamento existente na estrutura foi utilizada a NBR 6120/2019. As quantificações dos carregamentos se dividem em permanentes e variáveis. O efeito do vento não foi levado em consideração nesse trabalho.

A NBR 6120 (ABNT, 2019) define como ações permanentes “ações que atuam com valores praticamente constantes, ou com pequena variação em torno de sua média, durante a vida da edificação ou que aumentam com o tempo, tendendo a um valor-limite constante.” A norma abrange edificações de pequeno a grande porte com

valores de carregamento, materiais e parâmetros para comportamentos variados.

Ações variáveis ações cujos valores, estabelecidos por consenso, apresentam variações significativas em torno de sua média durante a vida da edificação. Seus valores possuem de 25 % a 35 % de probabilidade de serem ultrapassados no sentido desfavorável em um período de 50 anos (o que corresponde a um período médio de retorno de 174 a 117 anos, respectivamente). Em função da probabilidade de ocorrência durante a vida da edificação, as ações variáveis são classificadas como normais ou especiais. (ABNT, 2019, p. 03).

As cargas oriundas da sobrecarga de utilização devido a especificação de cada cômodo foi definida como: Salas, quartos, cozinha, banheiros 1,5 kN/m<sup>2</sup>, área de serviço 2 kN/m<sup>2</sup>, varanda 2,5 kN/m<sup>2</sup>. A alvenaria considerada foi de vedação, com 9 cm e argamassa em ambas as faces, com carga adotada de 1,3 kN/m<sup>2</sup>.

Os piso em porcelanato que foi utilizado, já considerando a argamassa de assentamento, conduziu a uma carga permanente de 1,8 kN/m<sup>2</sup>. Todos os valores foram obtidos a partir das tabelas 5 a 8, que compõem a NBR 6120:2019

**Tabela 5 –** Peso próprio dos blocos e pisos.

2 Blocos artificiais e pisos	Blocos de concreto vazados (função estrutural, classes A e B, ABNT NBR 6136)	14
	Blocos cerâmicos vazados com paredes vazadas (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	12
	Blocos cerâmicos vazados com paredes maciças (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	14
	Blocos cerâmicos maciços	18
	Blocos de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438)	5,5
	Blocos de vidro	9
	Blocos sílico-calcários	20
	Lajotas cerâmicas	18
	Porcelanato	23
	Terracota	21

Fonte: NBR 6120:2019.

**Tabela 6 – Peso próprio das alvenarias.**

**Tabela 2 – Alvenarias**

Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m <sup>2</sup>		
		0 cm	1 cm	2 cm
<b>ALVENARIA ESTRUTURAL</b>				
Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136)	14	2,0	2,3	2,7
	19	2,7	3,0	3,4
Bloco cerâmico vazado com paredes maciças (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	14	2,0	2,3	2,7
Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,4	1,8	2,2
	14	1,7	2,1	2,5
	19	2,3	2,7	3,1
Tijolo cerâmico maciço (ABNT NBR 15270-1)	9	1,6	2,0	2,4
	11,5	2,1	2,5	2,9
	14	2,5	2,9	3,3
	19	3,4	3,8	4,2
Bloco sílico-calcário vazado (Classe E - ABNT NBR 14974-1)	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,5	1,9	2,3
	19	1,9	2,3	2,7
Bloco sílico-calcário perfurado (Classes E, F e G - ABNT NBR 14974-1)	11,5	1,9	2,3	2,7
	14	2,1	2,5	2,9
	17,5	2,8	3,2	3,6

Fonte: NBR 6120:2019.

**Tabela 7 – Sobrecarga de utilização.**

<b>Tabela 10 (continuação)</b>			
<b>Local</b>		<b>Carga uniformemente distribuída kN/m<sup>2</sup></b>	<b>Carga concentrada kN</b>
Balcões, sacadas, varandas e terraços <sup>i,j</sup>	Residencial	2,5	–
	Comercial, corporativos e escritórios	3	–
	Com acesso público (hotéis, hospitais, escolas, teatros etc.)	4	–
Bancos, agências bancárias, instituições financeiras <sup>a</sup>	Escritórios	2,5	–
	Sanitários	2	–
	Salas de diretoria e de gerência	2,5	–
	Cofre (validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela)	30	–
	Agência (área de atendimento ao público)	3	–
	Regiões de arquivos deslizantes	5	–
	Região de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicos	12	k
	Áreas técnicas (ver item Áreas Técnicas nesta Tabela) Centro de processamento de dados (ver Áreas técnicas)		
Bibliotecas <sup>a</sup>	Sala de leitura (sem estantes)	3	–
	Sala de leitura (com estantes)	4	–
	Sala com estantes de livros <sup>l</sup>	6 kN/m <sup>2</sup> para estantes até 2,2 m de altura + 2 kN/m <sup>2</sup> por metro de altura de estante que ultrapassar 2,2 m	–
		5	
	Regiões de arquivos deslizantes	2,5	–
	Salas administrativas	2	–
	Sanitários	3	–
	Corredores		–
Centros de convenções e locais de reunião de pessoas <sup>a</sup> , teatros <sup>a</sup> , igrejas <sup>a</sup>	Plateia com assentos fixos	4	–
	Plateia com assentos móveis	5	–
	Sanitários	2	–
	Acessos, corredores	5	–
	Plataformas (assembleia)	5	–
	Palco (área de apresentação)	5	–

Fonte: NBR 6120:2019.

Tabela 8 – Sobrecarga de utilização

**Tabela 10 (continuação)**

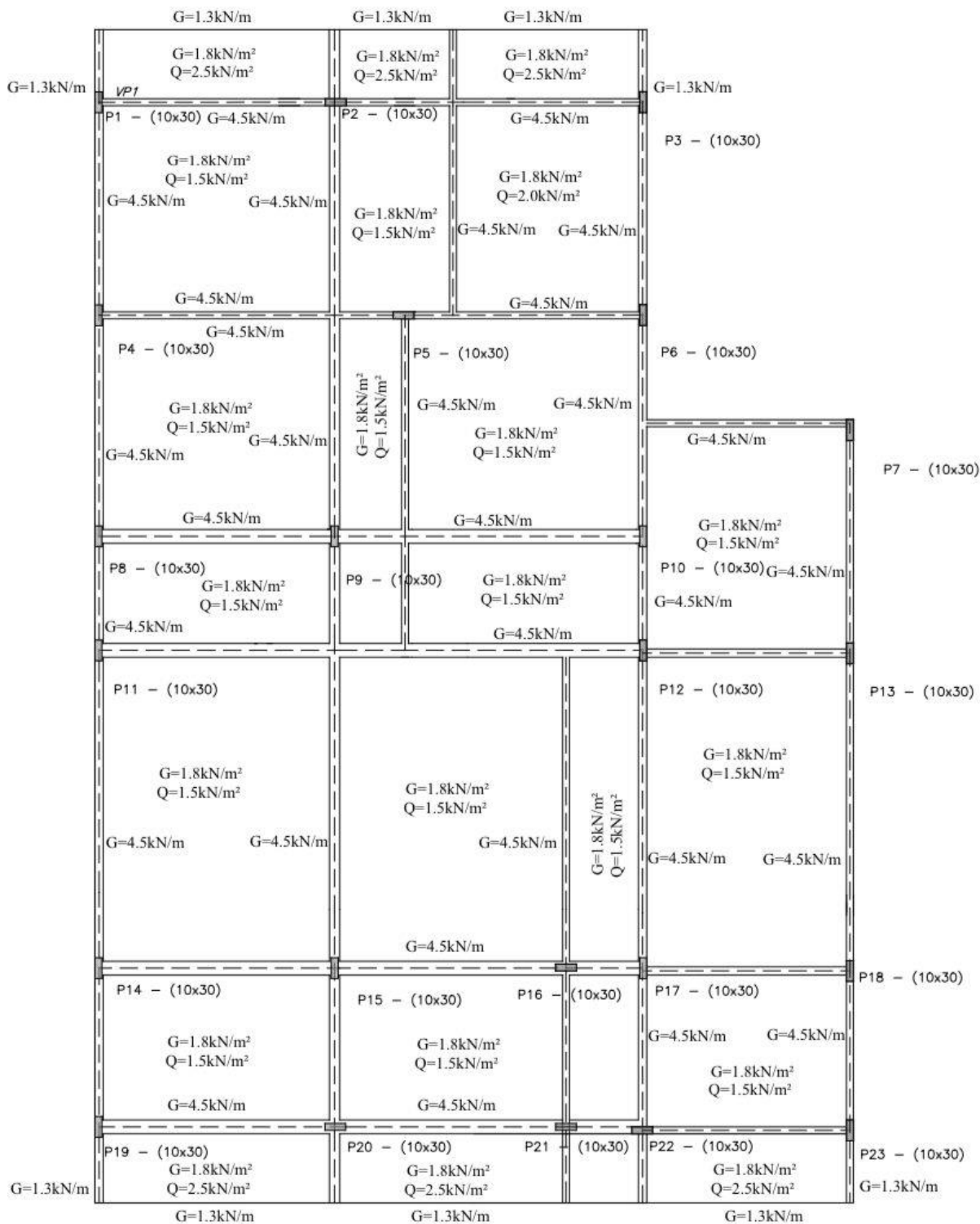
Local		Carga uniformemente distribuída kN/m <sup>2</sup>	Carga concentrada kN
Cozinhas não residenciais <sup>a</sup>	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	3	–
	Câmara fria	5	–
Depósitos de uso geral <sup>a</sup> As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta Tabela	7,5 kN/m <sup>2</sup> até 2,5 m de altura de estoque + 3 kN/m <sup>2</sup> por metro de altura de estoque excedente <sup>P</sup>	q
	Locais sujeitos ao acúmulo de mercadorias, incluindo zonas de acesso Materiais de armazenagem (ver 6.9) Supermercados (ver item nesta Tabela)	7,5	q
Edifícios residenciais	Dormitórios	1,5	–
	Sala, copa, cozinha	1,5	–
	Sanitários	1,5	–
	Dispensa, área de serviço e lavanderia	2	–
	Quadras esportivas	5 <sup>a</sup>	–
	Salão de festas, salão de jogos	3 <sup>a</sup>	–
	Áreas de uso comum	3 <sup>a</sup>	–
	Academia	3 <sup>a</sup>	–
	Forro acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 <sup>a,r</sup>	–
	Sótão	2 <sup>a</sup>	–
	Corredores dentro de unidades autônomas	1,5	–
	Corredores de uso comum	3	–
	Depósitos	3	–
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
Jardins (ver item nesta Tabela)			

Fonte: NBR 6120:2019.



Depois do levantamento de todo carregamento com o auxílio da NBR e separado conforme a mesma determina como abordado acima, foi analisado na estrutura onde estariam localizadas a aplicação de cada carregamento, as vigas que recebiam o carregamento permanente das alvenaria de vedação juntamente com o peso do revestimento, da parte da laje que receberia o carregamento de utilização previsto, o peso permanente da argamassa de assentamento do porcelanato, juntamente com o peso do mesmo. Após todo esse processo foi lançada a estrutura com seus carregamentos, sendo importante ressaltar que apesar de não apresentar numericamente os valores referentes ao peso próprio das estruturas de concreto armado, esses valores foram considerados, trata-se apenas da apresentação gráfica do software (Figs. 13 e 14).

FIGURA 13 – Planta Baixa estrutural térreo

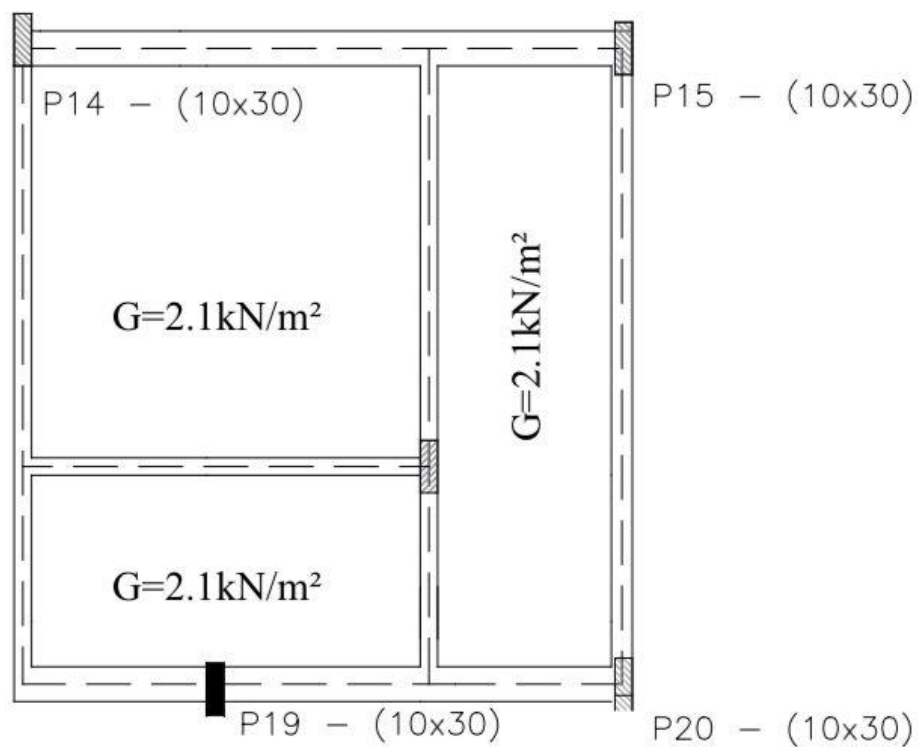


PLANTA BAIXA ESTRUTURAL TÉRREO, 1º Pav, 2º Pav

ESCALA.....1/80

Fonte: Autor.

FIGURA 14 – Planta Baixa estrutural laje técnica



## PLANTA LAJE TÉCNICA COBERTA

ESCALA.....1/50

Fonte: Autor.

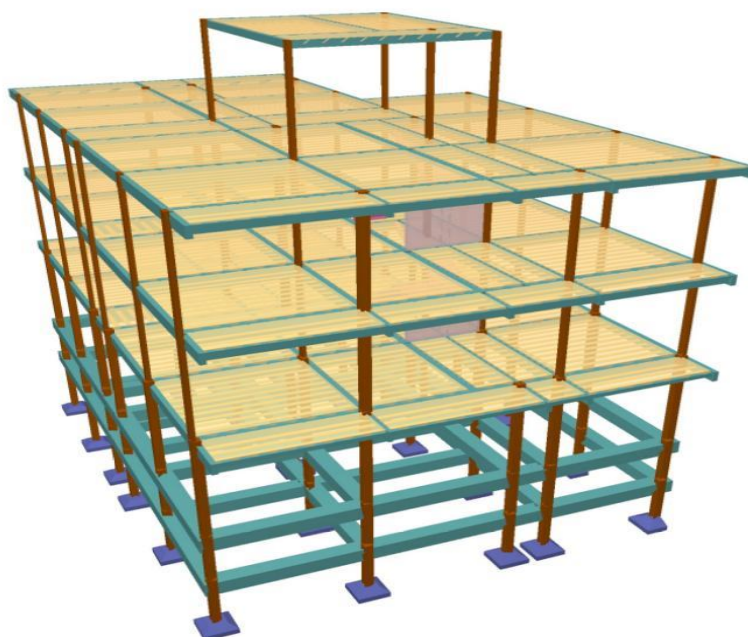
### **3.5 Procedimentos Metodológicos**

A fundamentação teórica consiste excepcionalmente nos estudos de artigos científicos, NBR's e na análise do estudo de caso. Para isso, foram selecionados artigos nacionais obtidos nos sites do google acadêmico, NBR's encontradas na plataforma do gloogle. Foram encontradas através de palavra-chave, utilizando como base de pesquisa as plataformas do Google acadêmico.

#### 4 DISCUSSÃO DO CASO

Posteriormente o lançamento da estrutura no software estrutural Cypecad com a concepção estrutural que foi aplicada na execução da residência, com as mesmas dimensões e com os dados que foram obtidos, Após a análise dos resultados confirmou-se o subdimensionamento da edificação, em análise visual quando realizado o levantamento da residência observou-se os elementos estruturais com seções muito esbeltas para o porte da da mesma. A modelagem da estrutura foirealizada conforme Fig 15.

**FIGURA 15 – 3D da Estrutura.**



Fonte: Autor.

#### 4.1 Esforços pilares

Com as verificações foram constatados erros estruturais em diversos pontos, tanto em pilares como em vigas, por motivos distintos, evidenciando subdimensionamento do conjunto estrutural da residência. Os esforços expostos foram obtidos com auxílio do Cypecad, advindo do resultado das solicitações na estrutura e da resistência estimada dos materiais utilizados na execução da residência, foram escolhidos alguns dos pilares onde foram constatados o subdimensionamento para as verificações de E.L.U frente a solicitação normal.

##### P11

$$V_{Sd} = 0,298 \text{ t} \quad V_{Rd3} = 1,020 \text{ t}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3} \rightarrow \text{ok}$$

Esforço Cortante na direção Y:

$$N1 = \sqrt{\frac{N^2_{1d} + M^2_{1d,x} + M^2_{1d,y}}{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 1,332 \quad \times$$

$$N2 = \sqrt{\frac{N^2_{Sd} + M^2_{Sd,x} + M^2_{Sd,y}}{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 2,989 \quad \times$$

##### P09

$$V_{Sd} = 0,302 \text{ t} \quad V_{Rd3} = 1,07 \text{ t}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3} \rightarrow \text{ok}$$

Esforço Cortante na direção Y:

$$N1 = \frac{\sqrt{N^2_{1d} + M^2_{1d,x} + M^2_{1d,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 1,223 \quad \times$$

$$N2 = \frac{\sqrt{N^2_{Sd} + M^2_{Sd,x} + M^2_{Sd,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 2,783 \quad \times$$

**P03**

$$V_{Sd} = 0,276 \text{ t} \quad V_{Rd3} = 1,10 \text{ t}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3} \rightarrow \text{ok}$$

Esforço Cortante na direção Y:

$$V_{Rd2} = 0.27 \cdot \rho_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d = 6,97 \text{ t}$$

Estado limite de ruptura frente a sollicitação normal:

$$N1 = \frac{\sqrt{N^2_{1d} + M^2_{1d,x} + M^2_{1d,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 1,459 \quad \times$$

$$N2 = \frac{\sqrt{N^2_{Sd} + M^2_{Sd,x} + M^2_{Sd,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 2,865 \quad \times$$

**P22**

$$V_{Sd} = 0,310 \text{ t} \quad V_{Rd3} = 1,09 \text{ t}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3} \rightarrow \text{ok}$$

Esforço Cortante na direção Y:

$$V_{Rd2} = 0.27 \cdot \rho_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d = 7,457 \text{ t}$$

Estado limite de ruptura frente a sollicitação normal:

$$N1 = \frac{\sqrt{N^2_{1d} + M^2_{1d,x} + M^2_{1d,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N=1,287 \quad \times$$

$$N2 = \frac{\sqrt{N^2_{Sd} + M^2_{Sd,x} + M^2_{Sd,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N=2,766 \quad \times$$

**P17**

$$V_{Sd} = 0,290 \text{ t} \quad V_{Rd3} = 1,017 \text{ t}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3} \rightarrow \text{ok}$$

Esforço Cortante na direção Y:

$$V_{Rd2} = 0.27 \cdot \rho_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d = 7,275 \text{ t}$$

Estado limite de ruptura frente a solicitação normal:

$$N1 = \frac{\sqrt{N^2_{1d} + M^2_{1d,x} + M^2_{1d,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N=1,311 \quad \times$$

$$N2 = \frac{\sqrt{N^2_{Sd} + M^2_{Sd,x} + M^2_{Sd,y}}}{\sqrt{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N=2,973 \quad \times$$

**P15**

$$V_{Sd} = 0,307 \text{ t} \quad V_{Rd3} = 1,129 \text{ t}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd3} \rightarrow \text{ok}$$

Esforço Cortante na direção Y:

$$V_{Rd2} = 0.27 \cdot \rho_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d = 7,401 \text{ t}$$

Estado limite de ruptura frente a solicitação normal:



$$N1 = \sqrt{\frac{N^2_{1d} + M^2_{1d,x} + M^2_{1d,y}}{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 1,459 \quad \times$$

$$N2 = \sqrt{\frac{N^2_{Sd} + M^2_{Sd,x} + M^2_{Sd,y}}{N^2_{Rd} + M^2_{Rd,x} + M^2_{Rd,y}}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad N = 3,207 \quad \times$$

## 4.2 Esforços vigas

Os esforços analisados nas vigas para o dimensionamento das mesmas foram a atuação de momento fletor atuante nas vigas, tanto os momentos máximos positivos como os negativos, para que fosse dimensionada da forma mais otimizada possível para exposição do mínimo necessário de área aço para satisfazer as necessidades. Onde das vigas analisadas o momento fletor máximo que deveria ter sido utilizado como momento dimensionante para a armadura longitudinal foi de 150,3kN.m. contudo foi confrontado o resultado da área de aço oriundo desses esforços com a área de aço utilizada em execução.

## 4.3 Verificações Pilares

As verificações foram adquiridos também por meio do Cypecad, advindo do resultado das demandas na estrutura e da resistência estimada dos materiais utilizados na execução da residência.

P11 - A dimensão mínima do apoio ( $b_{min}$ ) deve cumprir a seguinte condição:

$$b_{min} \geq 140 \text{ mm}$$

$$100.00 \text{ mm} \geq 140.00 \text{ mm} \quad \times$$

Não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360.00cm<sup>2</sup> (Artigo 13.2.3).

$$A_c \geq 360 \text{ cm}^2$$

$$200.00 \text{ cm}^2 \geq 360.00 \text{ cm}^2 \quad \times$$

#### 4.3.1 Armadura Longitudinal

O espaçamento mínimo livre ( $s_b$ ) entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, deve ser igual ou superior ao maiores seguintes valores ( $s_{\min}$  (Artigo 18.4.2.2)):

$$s_b \geq s_{\min}$$

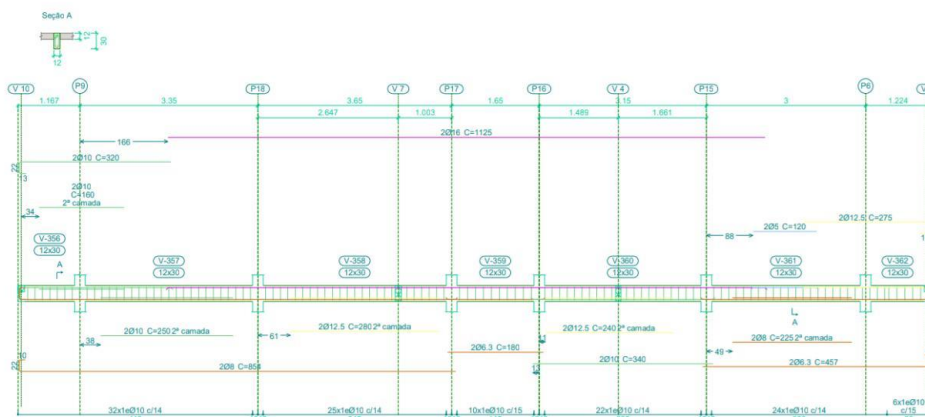
$$20 \text{ mm} \geq 23 \text{ mm} \quad \times$$

#### 4.4 Verificações Vigas

As verificações das vigas 357, 358, 359, 360, 361, 362 mostraram a área de aço necessária para os esforços ao qual as mesmas estavam solicitadas. Tendo em vista essa necessidade, observou-se que requer uma área de aço de  $4\text{cm}^2$  para as barras longitudinais superiores (negativas), devido aos esforços de momento fletor gerado pelos pilares, a armadura positiva por não se tratar de um vão de grande proporção se fez necessário uma área de aço menor de aproximadamente  $3,5\text{cm}^2$  para armadura inferior, com a aplicação de alguns reforços em pontos específicos que viriam a aumentar totalizando esse valor, em um ponto onde existe uma carga pontual oriunda de uma viga que é descarregada na viga 360 também por está localizada no centro da mesma faz com que o momento fletor tenha um valor considerável, sendo assim necessitando de uma área de aço de  $4,1\text{cm}^2$  para vencer a solicitação na parte inferior (positiva), sendo utilizado duas barras de  $12.5\text{mm}$  como reforço e duas barras de  $10\text{mm}$  como armadura longitudinal. As vigas estão dimensionadas da forma mais otimizada, com isso contendo diferentes armaduras, a modo de execução seria escolhido a armadura mínima para a maior área de aço

necessária tanto na parte inferior como superior e essa armadura seria utilizada em todo comprimento das vigas, como mostra a figura 16.

**FIGURA 16** – Detalhamento viga 357.358.359,360,361,362.



**Fonte:** Autor.

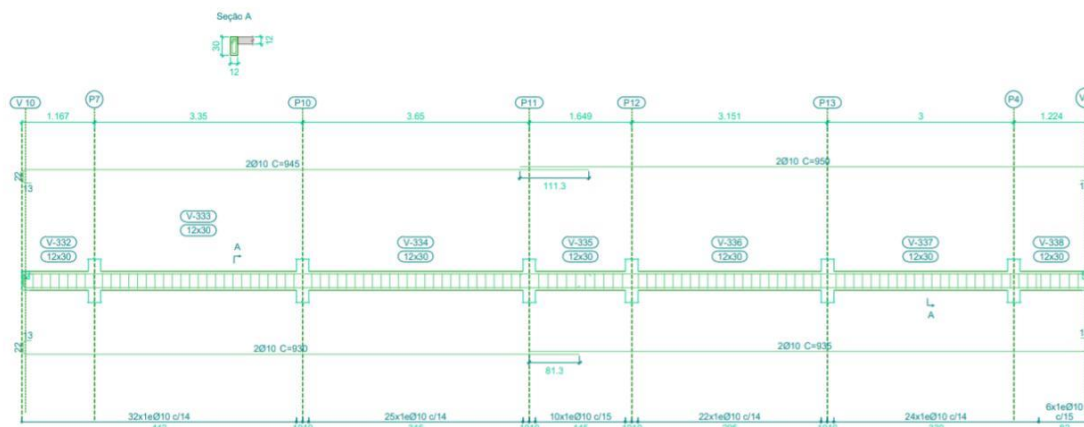
O diagrama de área de aço necessária e área de aço efetiva reproduz que as armaduras foram dimensionadas de forma correta, onde a armadura não está dimensionada no limite de sua solicitação e nem superdimensionada de modo a crescer gastos consideráveis para a execução da estrutura, além de gerar riscos por fugir dos parâmetros dispostos no item: 17.2.2, que o estado limite último (ELU) é caracterizado com uma relação dos seguintes itens: posição da linha neutra, porcentagem de deformação do aço por alongamento, porcentagem de deformação do concreto por compressão. A combinação desses valores estabelece o domínio de estado limite último ao qual a seção pertence, o domínio ideal para a seção pertencer é o domínio 3 onde existe um equilíbrio aproveitando a melhor característica do concreto que é a resistência a compressão, como também explorando a característica do aço que é sua resistência a tração, de forma que a linha neutra divide a seção, o que implica dizer que existe os dois tipos de esforços, aplicando esse domínio de deformação na seção da peça dimensionada tanto o concreto como o aço atingem uma deformação juntos sem superdimensionamento ou subdimensionamento de ambas as partes, onde tal domínio foi aplicado no dimensionamento dessa seção e das vigas citadas. Fig 17.

**FIGURA 17 – Área de aço necessária e efetiva.**

**Fonte:** Autor.

Posteriormente a obtenção da área de aço necessária e efetiva do dimensionamento correto, de acordo com os dados obtidos da edificação, foram editadas as armaduras para a área de aço que foi utilizada na execução que foram duas barras de 10mm na parte inferior (positiva) e 2 barras de 10mm para a parte superior (negativa) o que totaliza em uma área de aço de 1,6cm<sup>2</sup>. O que gera um déficit de 2,5cm<sup>2</sup> de armadura inferior do valor dimensionante de momento fletor de maior valor e 2,4cm<sup>2</sup> de armadura superior para satisfazer a necessidade de momento fletor negativo, onde o correto seria a utilização de 4 barras de 12.5mm, conforme Fig 18.

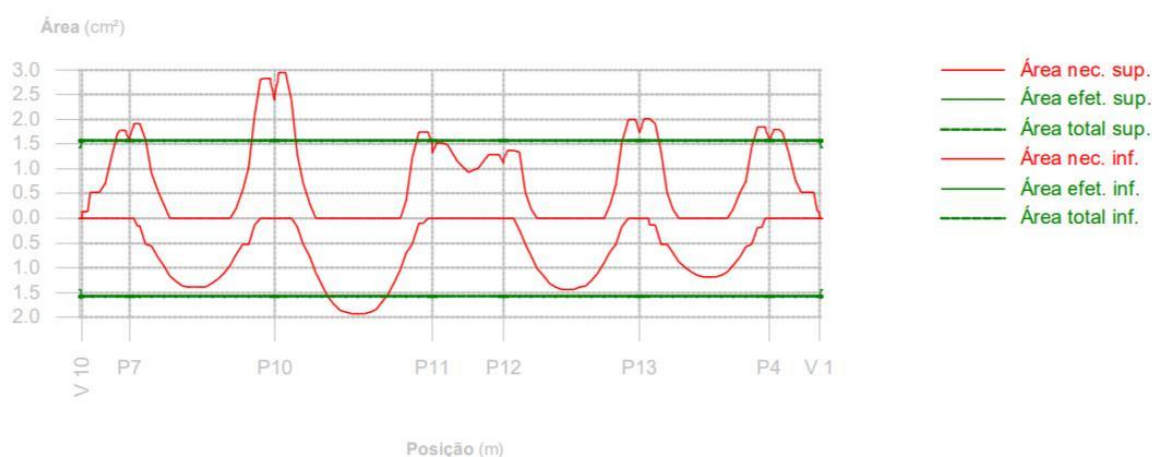
**FIGURA 18 – Detalhamento viga 357.358.359,360,361,362 executada.**



**Fonte:** Autor.

No diagrama de aço pode-se observar o déficit de armadura tanto na parte superior como na parte inferior, Como mostra a figura 19. O que caracteriza a estrutura como subdimensionada para os esforços ao qual está solicitada. A estrutura subdimensionada não necessariamente implica dizer que vai ruir imediatamente, mas diminui a vida útil da estrutura, dependendo da solicitação existente e do déficit de armadura pode acarretar em problemas mais graves, além da necessidade de manutenção preventiva em um espaço de tempo mais curto depois de executada para conferir se existe fissuração do concreto indicando uma deformação da armadura da viga, se existe armadura aparente, ou outras patologias, que possam comprometer ainda mais a estrutura, o que a longo prazo trará um gasto maior do que uma estrutura bem projetada e com sua execução correta.

**FIGURA 19** – Área de aço necessária e efetiva.



**Fonte:** Autor, 2021.

#### 4.5 Cobrimento de Armadura

O cobrimento da armadura é primordial para garantir a durabilidade e uma boa vida útil a estrutura, o cobrimento efetuado na residência foi insuficiente para garantir o cobrimento necessário para a proteção da armadura, de modo que com pouco tempo de finalizada já apresenta exposição da armadura transversal, além de ter sido executada com um cobrimento inadequado não se utilizou espaçadores para garantir que o mínimo fosse respeitado e também a dimensão das vigas abaixo do proposto por norma que seria de 12cm dificulta o adensamento do concreto com a introdução do vibrador, a edificação apresenta essa problemática principalmente por ter sua concretagem realizada sem a aplicação do vibrador, a mesma foi feita com pancadas de martelo e marretas. Com isso fazendo com que apresente precocemente necessidades de reparos na sua estrutura para corrigir sua camada protetora de armadura transversal antes que chegue na armadura longitudinal, o que traria um dano maior além de fazer com que perca uma área de aço se não for realizado o reparo imediato. Fig 20.

**FIGURA 20** – Armadura transversal da viga exposta.



**Fonte:** Autor, 2021.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como intuito analisar uma estrutura empírica sob a ótica da NBR 6118/2014, tendo em vista seus parâmetros para projeto estrutural, o quão distante do recomendado a estrutura está, se ocorreu subdimensionamento ou um superdimensionamento, se é viável a execução de um projeto estrutural para uma residência.

Para o objetivo principal deste trabalho, pôde-se concluir que a edificação se encontra subdimensionada tanto em sua seção transversal com área de concreto como também em armadura longitudinal dos pilares e das vigas, como está representado no gráfico a seguir que define a porcentagem de déficit de armadura e de seção transversal.

Considerando que a execução da estrutura da forma correta dentro dos parâmetros da norma vigente de estrutura e que atenda as solicitações de carregamento traria um custo adicional, tanto por parte da execução dos projetos como também com o aumento de material e mão de obra para executar o mesmo. Analisando os pilares que foram escolhidos na verificação e nos esforços, seria necessário a Acréscimo de aproximadamente 33% de área de aço para atingir ao que foi calculado, considerando que a obra tem 24 pilares resultaria em 792% de aço. As vigas foram bem mais prejudicadas no subdimensionamento chegando a ter 61% a menos de área de aço do que o mínimo que foi calculada para satisfazer os esforços positivos (inferior) solicitantes de momento e ficando 60% abaixo para os esforços negativos (superior) elevaria de forma significativa o custo da obra, entretanto analisando com a ótica de durabilidade, segurança, conforto e baixa necessidades de reparo a curto prazo além de exigir menos manutenção por contas de possíveis patologias a médio e longo prazo fica evidente que apesar de elevar o custo ainda sim se torna viável a execução da forma correta.

A vantagem de um projeto e acompanhamento técnico na execução se confirma a longo prazo, onde trará durabilidade a estrutura devido a um conjunto de fatores, como: Cobrimento da armadura, armadura bem dimensionada, peças com seção transversal correta, minimização de problemas na concretagem,



espaçamento mínimo entre as armaduras respeitado, concreto mais homogêneo assim diminuindo a porosidade da seção, diminuindo o ataque de agentes externos, prolongando a proteção da armadura.

Com isso, chegamos ao final desse trabalho com mais conhecimento no que diz respeito ao tema do mesmo, principais falhas estruturais sob a ótica da NBR 6118/2014, expondo erros de dimensionamento, execução, comparando gráficos que relatam o déficit de seção transversal como também de armaduras longitudinais evidenciando necessidade de lidar sempre com profissionais habilitados para tal e materiais condizentes com a qualidade que deve estar presente em toda e qualquer construção.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à previsão de vida útil de estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão da armadura.** 2001. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

AMARAL, M. L. **Dimensão Mínima de Pilares Para Edificações de Pequeno Porte.** Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:** Argamassas para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118.** Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado.** São Paulo: Pini, 1988.522p.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em 17 nov. 2021.

DINIZ, A. **Plataforma de Informação Sobre Infraestrutura, Construção Industrial e Edificações.** Revista o Empreiteiro: 2013.

FORTES, F. J. **Patologia e terapêutica das construções:** um panorama. Revista da “Jornada Professor Hernani Sobral”. Salvador, v. único, p. 53-60, 1994.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo De Patologias E Suas Causas Nas Estruturas De Concreto Armado De Obras De Edificações.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo, Pini, 1992.

KLIMPEL, E. C.; SANTOS, P. R. C. **Levantamento das manifestações patológicas presentes em unidades do conjunto habitacional Moradias Monteiro Lobato.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Patologia nas Obras Cíveis) – Instituto IDD, Curitiba, 2010, 98p.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparação das estruturas de concreto armado.**

2008. 56f. Monografia (Construção civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Patologia,%20Recupera%E7%E3o%20e%20Reparo%20das%20Estruturas%20de%20Concreto.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

LIMA, M. G. de. **Ações do Meio Ambiente Sobre as Estruturas de Concreto**. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (Org.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo, 2011. p. 733-772.

LOTTERMANN, A. F. **Patologias em Estrutura de Concreto: Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens Quantitativas**. EPU, São Paulo, 1986.

MACHADO, A. P. **Reforço de estruturas de Concreto Armado com Fibra de Carbono**. São Paulo: Pini, 2002.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994

MORAES, L. G., POLETO, S. F. S. A. **Importância de Um Planejamento Estrutural Para a Construção de Uma Edificação**. Universidade de Araraquara, 2018.

OLIVEIRA, AI. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

POSSAN, E. **Modelagem Da Carbonatação E Previsão De Vida Útil De Estruturas De Concreto Em Ambiente Urbano**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

SANTOS, C. F. **Patologia de Estruturas de concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014.

SILVA, N. G. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. 2006. 164f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVEIRA, R. G. **Estudo da microestrutura da camada de cobertura de concreto com altos teores de cinza volante**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1 ed. São Paulo: PINI, 1998.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas de concreto armado: estudo de caso**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós- Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

VIEIRA, F. M. P. **Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras em concretos com adição de sílica ativa**. 2003. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003

