



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO
ELEMENTO ESTRUTURAL PILAR, NO DISTRITO DE AMANIUTUBA,
LAVRAS DA MANGABEIRA - CE.**

MATHEUS VIANA ALENCAR BEZERRA

POMBAL - PB

2022

MATHEUS VIANA ALENCAR BEZERRA

Identificação de manifestações patológicas no elemento estrutural pilar,
no Distrito de Amaniutuba, Lavras da Mangabeira - CE.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Elisângela
Pereira da Silva.

POMBAL - PB

2022

B574i Bezerra, Matheus Viana Alencar.

Identificação de manifestações patológicas no elemento estrutural pilar, no distrito de Amaniutuba, Lavras da Mangabeira - CE. / Matheus Viana Alencar Bezerra. – Pombal, 2022.

69 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Elisângela Pereira da Silva”.

Referências.

1. Pilar - Elemento estrutural. 2. Patologia das construções. 3. Treliça metálica. I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 692.297(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

MATHEUS VIANA ALENCAR BEZERRA

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO ELEMENTO
ESTRUTURAL PILAR, NO DISTRITO DE AMANIUTUBA, LAVRAS DA
MANGABEIRA - CE**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente MATHEUS VIANA ALENCAR BEZERRA **APROVADO** em 19 de agosto de 2022, pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados, como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Federal de Campina Grande.



Prof.^a Dra. Elisângela Pereira da Silva.
(Orientador - UFCG)



Prof.^a. Me. Carla Caroline Alves Carvalho
(Membro Interno - UFCG)



José Zito de Macêdo Bisneto
Engenheiro Civil
CREA-CE N° 061863221-2

José Zito de Macêdo Bisneto
(Membro Externo - Eng. Civil)

Dedico este trabalho a todos que amo, em especial aos meus pais, Maria Balbina e Francisco Bispo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por cada dia de vida que ele tem me proporcionado, cada novo aprendizado e conquista, por seu cuidado e preparo ao conduzir e guiar os meus passos no caminho do conhecimento e ser presença constante em minha vida.

Aos meus pais, dona Balbina que sempre trabalhou duro e fez de tudo para que eu me tornasse o ser humano que sou hoje, Francisco Bispo que sempre acordou às 5 da manhã para trabalhar arduamente na roça, por todo o incentivo e esforço que me levaram ao caminho do saber, minha eterna gratidão aos dois.

Aos meus avós, Seu Aldir e dona Bebê, a quem sempre tive como meus pais.

À minha orientadora Dra. Elisângela Pereira da Silva, por seus conhecimentos repassados e por sua fundamental presença e colaboração na realização desta etapa da minha formação acadêmica.

Ao meu melhor amigo, colega de quarto e um irmão mais velho que a universidade me deu, Jonas da Silva, obrigado por toda paciência e carinho.

Aos meus amigos com quem pude ter momentos incríveis, conhecê-los e formar eternos laços durante esta caminhada, Fabinho Santos, José Antônio, Franklin César, Luciano Freitas, Wanzley Wolmer, Mateus Magalhães e Matheus Gredith. Os anos que passamos juntos e todas as memórias ficarão guardadas para sempre comigo, obrigado por terem feito parte da minha vida.

Por fim, à todas as pessoas que torceram por mim, me deram palavras de incentivo e acreditaram no meu potencial, especialmente à minha amada namorada e mãe do meu filho, Jéssica Borges, por todo carinho e amor, e por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis. A todos aqueles que contribuíram com essa fase da minha vida, meus sinceros agradecimentos, eu não teria conseguido sozinho!

“Quando Deus fez o mundo, encheu isso aqui de pedra, agora fazemos concreto com elas”. (Sbrighi Neto)

RESUMO

Os elementos em concreto armado são bastante utilizados na construção civil brasileira. No entanto, esses elementos, quando utilizados de forma inadequada, fazem surgir manifestações patológicas. Dessa forma, o presente Trabalho de Conclusão de Curso, tem como objetivo identificar as manifestações patológicas encontradas no elemento estrutural pilar. Foram vistoriadas vinte edificações no distrito de Amaniutuba, em lavras da Mangabeira – CE, com o auxílio da NBR 16747/2020 e da matriz GUT, identificando as prioridades em patamares de urgência. Para isso, as edificações foram divididas em duas partes, as que já apresentaram patologias e as que não apresentaram. Foi constatado que todos os pilares foram confeccionados em treliças metálicas eletrossoldadas como armações. Quanto às que apresentaram patologias, foram identificadas uma edificação com fissura, uma com trinca, três com rachaduras, quatro com vazios de concretagem e três com pilares apresentando flambagem. A vistoria realizada foi confrontada com os parâmetros exigidos pela NBR 6118/2014, concluindo-se que o uso dessas treliças em pilares está em completo desacordo com a norma; as manifestações patológicas mais incidentes foram vazios de concretagem que estão ligados à composição do material e sua execução; em conversas com os encarregados pelas edificações, ficou evidente que a escolha pelas treliças metálicas eletrossoldadas foi por questões econômicas, uma vez que utilizar tal peça custa menos de 30% do valor que seria gasto em comparação com os parâmetros da NBR 6118/2014.

Palavras-chave: Pilar. Patologia. Treliça Metálica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de pilares.....	20
Figura 2 - Construção de um pilar.....	21
Figura 3 - Fôrmas de um pilar.....	21
Figura 4 - Disposição transversal das armaduras longitudinais.....	22
Figura 5 - Vergalhão de aço CA-25.....	23
Figura 6 - Vergalhão de aço CA-60.....	23
Figura 7 - Vergalhão de aço CA-50.....	24
Figura 8 - Como evitar a flambagem em pilares.....	25
Figura 9 - Esquema da seção transversal de um pilar.	25
Figura 10 (a) - Seção típica de uma treliça,	27
Figura 10 (b) - Perspectiva de uma treliça	27
Figura 11 - Vigota pré-fabricada,.....	29
Figura 12 - Engenharia diagnóstica em edificações.....	30
Figura 13 - Diferença entre rachadura, trinca e fissura.....	34
Figura 14 - Vazios de concretagem.....	35
Figura 15 - Flambagem em pilar.....	36
Figura 16 - Seção transversal e elementos de uma treliça.....	40
Figura 17 (a) - Mapa de localização.....	41
Figura 17 (b) - Mapa de localização.....	41
Figura 18 (a) - Pilar de canto feito com treliça	43
Figura 18 (b) - Fissura em pilar de canto	43
Figura 18 (c) - Fissura em pilar de canto.....	43
Figura 19 (a) - Pilar lateral feito com treliça.....	44
Figura 19 (b) - Trinca em pilar lateral	44
Figura 20 (a) - Pilar lateral feito com treliça.....	45
Figura 20 (b) - Rachadura no pilar	45
Figura 20 (c) - Rachadura no pilar.....	45
Figura 21 - Rachadura em pilar de canto	45
Figura 22 (a) - Pilar de muro feito com treliça.	46
Figura 22 (b) - Rachadura no pilar	46
Figura 23 (a) - Pilar de canto feito com treliça.....	47
Figura 23 (a) - Vazios no pilar.....	47

Figura 24 (a) - Pilar lateral feito com treliça.....	48
Figura 24 (b) - Vazios no pilar.....	48
Figura 25 (a) - Muro com pilares feitos de treliça.....	48
Figura 25 (b) - Vazios nos pilares.....	48
Figura 25 (c) - Vazios nos pilares.....	48
Figura 26 (a) - Muro com pilares feitos de treliça	49
Figura 26 (b) - Vazios nos pilares.....	49
Figura 27 (a) - Pilar de canto e lateral feitos com treliça	50
Figura 27 (b) - Pilar de canto feito com treliça	50
Figura 28 (a) - Pilar lateral feito com treliça.....	51
Figura 28 (b) - Restos de um pilar.....	51
Figura 29 (a) - Casa de dois pavimentos com pilares feitos de treliça	52
Figura 29 (b) - Casa de dois pavimentos com pilares feitos de treliça	52
Figura 29 (c) - Casa de dois pavimentos com pilares feitos de treliça	52
Figura 30 (a) - Casa térrea com pilares feitos de treliça.....	53
Figura 30 (b) - Pilar lateral feito com treliça.....	53
Figura 30 (c) - Pilar lateral feito com treliça	53
Figura 31 - Casa térrea com pilares de canto feitos com treliça.....	53
Figura 32 (a) - Casa térrea com pilares feitos utilizando treliça.....	54
Figura 32 (b) - Armação de pilar de canto feito com treliça.....	54
Figura 33 (a) - Pilar de canto feito com treliça	55
Figura 33 (b) - Ligação dobradiça-pilar	55
Figura 34 - União do pilar com viga de madeira.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações das treliças.	28
Tabela 2 - Escala de pontuação do método GUT	33
Tabela 3 - Modelo de matriz GUT	40
Tabela 4 - Matriz GUT das edificações com patologias.....	57

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Siglas

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- CA - Concreto Armado;
- CE - Ceará;
- Cm - Centímetro;
- CP - Cimento Portland;
- GUT - Gravidade, Urgência e Tendência;
- Kgf - Quilograma-força;
- MA - Momento no topo do pilar;
- MB - Momento na base do pilar;
- Mm - Milímetro;
- Mpa - Mega Pascal;
- NBR - Normas Brasileiras.

Símbolos

- Símbolo \varnothing - Diâmetro;
- Símbolo π - Pi;
- Símbolo % - Porcentagem;
- Símbolo R\$ - Reais.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1.	Justificativa	16
1.2.	Objetivos.....	17
1.2.1.	<i>Objetivo Geral</i>	17
1.2.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	17
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1.	Elementos estruturais	18
2.1.1.	<i>Fundações</i>	18
	<i>Fundações rasas ou superficiais</i>	18
	<i>Fundações profundas</i>	18
2.1.2.	<i>Lajes</i>	19
2.1.3.	<i>Vigas</i>	19
2.1.4.	<i>Pilares</i>	19
	<i>Fôrmas e escoras</i>	20
	<i>Barras longitudinais</i>	21
	<i>Aço CA-25</i>	22
	<i>Aço CA-60</i>	23
	<i>Aço CA-50</i>	23
	<i>Barras transversais</i>	24
	<i>Concreto</i>	25
2.2.	<i>Armadura treliçada eletrossoldada</i>	27
2.3.	<i>Engenharia diagnóstica</i>	29
2.3.1.	<i>Patologia em estrutura de concreto armado</i>	33
	<i>Fissuras, trincas e rachaduras</i>	34
	<i>Vazios de concretagem</i>	35
	<i>Flambagem</i>	35
	<i>Patologia gerada na fase de projeto</i>	36
	<i>Patologia gerada na fase de execução</i>	36
	<i>Patologia gerada na fase de utilização</i>	37
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1.	Materiais.....	39
3.2.	Métodos.....	39

3.3.	Caracterização do local.....	41
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1.	Edificações com patologias.....	42
4.1.1.	<i>Fissuras</i>	42
4.1.2.	<i>Trincas</i>	44
4.1.3.	<i>Rachaduras</i>	44
4.1.4.	<i>Vazios de concretagem</i>	47
4.1.5.	<i>Flambagem</i>	50
4.2.	Edificações sem patologia.....	52
4.3.	Matriz GUT.....	57
4.4.	Ferragem nos pilares.....	58
4.5.	Preço das ferragens.....	59
5.	CONCLUSÕES.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1. INTRODUÇÃO

A vida útil de uma edificação depende diretamente da sua forma de execução. Além da durabilidade e segurança, a parte financeira é importante, e para tanto, é necessário se preocupar com a parte estrutural do projeto, afim de evitar superdimensionamento ou subdimensionamento. Sendo o engenheiro, o profissional responsável em projetar, vistoriar e executar a obra de forma correta, a fim de garantir sua vida útil e economicidade, utilizando da engenharia diagnóstica como ferramenta.

Uma edificação possui seus elementos estruturais, que são utilizados para dar sustentação à edificação e são compostos por fundações, pilares, vigas e lajes. Os pilares, são elementos estruturais colocados na vertical, com a função de repassar para as fundações todas as cargas que são da própria construção, oriundas principalmente das lajes e vigas, e que a construção recebe do meio externo, como dos ventos. Esta lógica é a garantia para a estabilidade das obras (TAGLIANI, 2021).

Pilares são elementos de barra usualmente retos. Eles recebem predominantemente ações de compressão normais às suas seções (SÁLES, *et al.*, 2005).

Os elementos estruturais são feitos em concreto, madeira, e em estruturas de aço. Dentre esses, de acordo com Pinheiro (2019), o mais comum é o uso do concreto armado. Os pilares de concreto armado são constituídos de concreto (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água), mais armaduras longitudinais e estribos. As armaduras longitudinais têm a função principal de contribuir para a resistência do pilar, e os estribos, ou armaduras transversais, têm a função principal de manter a armadura longitudinal na sua correta posição (NBR 6118/2014).

A construção de pilares em concreto armado envolve a execução do sistema de fôrmas na forma e na posição em que precisam ser moldados; o preparo e montagem das armaduras que são posicionadas e fixadas no interior das fôrmas; a concretagem dos pilares, a cura adequada do concreto e, por fim, a retirada das fôrmas e dos escoramentos (NBR 14931, 2003).

Corriqueiramente, sejam em casas ou muros, as construções de pilares são feitas de forma errônea, já que não há fiscalização, e muitas vezes nem sequer o acompanhamento de um profissional qualificado; e dessa forma, as construções têm

a vida útil comprometida, além de um dos fatores mais importantes também, que é a segurança do usuário (MACHADO, 2019). Na cidade de Lavras da Mangabeira - CE, é muito usual o elemento estrutural pilar com sua armadura feita a partir de treliça metálica eletrossoldada.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), pilares devem ter quantidades de barras de aço nas seções longitudinais e transversais, bem como áreas mínimas de aço a serem adotadas. É sabido que, quando a normalização não é atendida, pode vir a surgir manifestações patológicas, e essas, dependendo da gravidade, podem vir a causar danos às edificações.

Assim, neste trabalho, será abordado estudo de caso com a identificação de manifestações patológicas no elemento estrutural pilar, no distrito de Amaniutuba, Lavras da Mangabeira – CE.

1.1. Justificativa

Por muitas vezes na construção civil, não há uma fiscalização nem mesmo o acompanhamento das obras por um profissional adequado, e dessa forma, o executante preocupa-se cada vez mais com a parte econômica e menos com a questão técnica e a segurança do usuário, buscando economizar nos materiais utilizados.

A utilização correta dos materiais que compõem os elementos estruturais é de suma importância em uma edificação, garantindo sua estabilidade e durabilidade. Contudo, ao serem construídas diferentemente das situações designadas em projeto, as edificações estão susceptíveis ao aparecimento de manifestações patológicas, comprometendo o seu desempenho.

De acordo com Andrade e Silva (2005), as patologias em estruturas de concreto sempre existirão, por conta da dilatação dos materiais, intempéries e outros, mas o grande problema é na idade com que essas patologias estão surgindo, e atualmente, com menos de 20 anos de existência, as edificações estão apresentando problemas e necessitando de correções, a fim de garantir seu tempo de vida útil. Dessa forma, a realização de inspeção predial (NBR 16747/2020) é essencial em uma edificação, a fim de identificar possíveis patologias.

A NBR 6118 (ABNT, 2014 - Projeto de estruturas de concreto/Procedimento), trata de forma taxativa de algumas exigências mínimas a serem utilizadas na execução de obras de concreto armado, para que as estruturas mantenham sua estabilidade e aptidão durante o tempo de vida útil. Diante disso, o presente trabalho é justificado pela necessidade de realizar um estudo, identificando as manifestações patológicas no elemento estrutural pilar, causadas pela construção em desacordo com a norma.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é inspecionar o elemento estrutural pilar, utilizados nas construções de edificações familiares de até dois pavimentos no distrito de Amaniutuba, em Lavras de Mangabeira - CE.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar, através de vistoria, a forma construtiva do elemento estrutural pilar;
- Identificar, através de vistoria, as manifestações patológicas existentes nos elementos estruturais pilares;
- Identificar a ordem de prioridades das manifestações patológicas encontradas através da NBR 16747/2020 com a matriz GUT;
- Confrontar a forma construtiva encontrada com as exigências da NBR 6118/2014.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A construção civil brasileira, em sua maioria, faz uso de concreto armado; constituídos por elementos estruturais, que são: fundações, pilares, vigas e lajes.

2.1. Elementos estruturais

Os elementos estruturais básicos são classificados e definidos de acordo com a sua forma geométrica e a sua função estrutural. (NBR 6118/2014).

2.1.1. Fundações

De acordo André *et al.* (2018), o solo é definido como o conjunto de horizontes ou camadas que se deu pela desintegração da rocha-mãe. Paralelamente a isso, esse fenômeno sofre influências físicas e químicas. Dessa forma, o estudo do solo é de suma importância para uma explicação acerca das fundações, já que é ele que absorve os esforços provenientes da estrutura. Assim sendo, as fundações são os elementos responsáveis por fazer a transmissão das cargas provenientes da estrutura ao solo, e de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019 - Projeto e execução de fundações), essas podem ser de dois tipos: fundações rasas (ou superficiais) e fundações profundas.

Fundações rasas ou superficiais

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), são elementos de fundação cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo aí as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada; para esta definição adota-se a menor profundidade, caso esta não seja constante em todo o perímetro da fundação. É feita geralmente de forma manual, de modo que a sua profundidade seja entre 1 e 3 metros.

Fundações profundas

A NBR 6122 (ABNT, 2019), define as fundações profundas como sendo um elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada.

2.1.2. Lajes

Rocha (2020), define a laje como sendo um elemento de concreto que tem três medidas ao todo, sendo o comprimento e a largura que são os maiores valores e a espessura, costumando ser utilizada na horizontal. A laje é apoiada sobre as vigas e suporta ações (cargas) que geram cisalhamento e momento fletor. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano, as placas de concreto são usualmente denominadas lajes, e podem ser maciças, pré-fabricadas, nervuradas, protendidas e alveolares.

2.1.3. Vigas

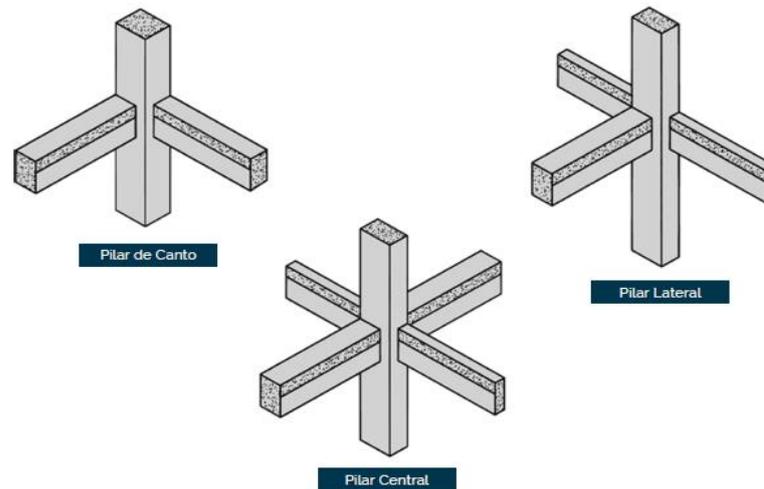
Segundo a NBR 6118 (ABNT,2014), as vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Responsáveis por receber as cargas das lajes, são construídas em sua grande maioria na horizontal, transferindo assim as cargas aos pilares. Librelotto (2010), define viga como um elemento estrutural horizontal das edificações, geralmente utilizada no sistema laje-viga-pilar, servindo de apoio para lajes e paredes, conduzindo suas cargas até os pilares.

2.1.4. Pilares

Os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes (NBR 6118/2014). Os pilares podem ser de três tipos: de canto, lateral e central, conforme a

Figura 1, os quais recebem as cargas das vigas e lajes para transferi-las à fundação, que por sua vez irá transferir ao solo

Figura 1 - Tipos de pilares.



Fonte: Douglas (2022).

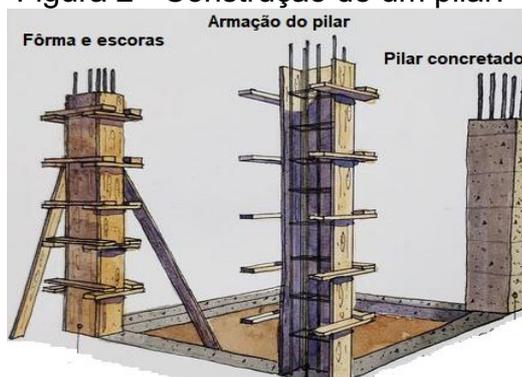
O pilar de canto está localizado na aresta ou extremidade dos edifícios, sofrem flexo compressão oblíqua e tem momento MA (topo do pilar) e MB (base do pilar) atuante na posição x e na posição y . Os pilares laterais têm suas localizações nas bordas do edifício, com uma flexo compressão normal e possuem MA e MB em uma direção. O pilar central fica localizado no interior do edifício e na grande maioria dos casos recebe apenas cargas verticais de compressão simples. Os pilares centrais ou intermediários são assim denominados por corresponderem aos apoios intermediários para as vigas, e os momentos que as vigas transmitem a esses pilares são pequenos, e em geral, podem ser desprezados (MILTON, 2009).

Os pilares são constituídos de barras longitudinais que são usualmente chamadas de vergalhões ou de bitolas, barras transversais que são os estribos, e pelo concreto (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água). Além desses materiais, são utilizadas também fôrmas e escoras para dar sustentação ao pilar durante a concretagem.

Fôrmas e escoras

Para a construção dos pilares, é necessário o uso de tábuas de madeira para dar o formato esperado, as chamadas fôrmas, e as escoras que servem para dar sustentação às fôrmas. Na Figura 2 é indicado o esquema da construção de um pilar:

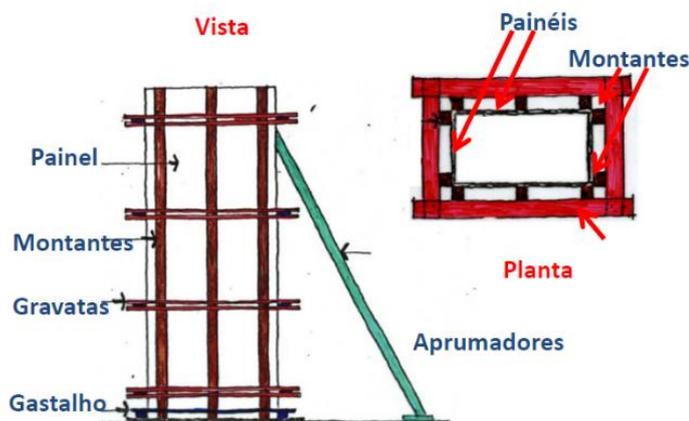
Figura 2 - Construção de um pilar.



Fonte: Aprenda Arquitetura (2019).

Primeiro é feita a armação do pilar, logo em seguida são colocadas as fôrmas e as escoras para dar sustentação, para que seja feita a concretagem (Figura 3). Vale ressaltar, que as fôrmas podem ser feitas de diversos materiais, contudo, o mais utilizado é a madeira. De acordo com Gomes (2020), a fôrma é constituída pelo molde e pelos elementos estruturantes. O molde serve para dar ao concreto fresco a geometria desejada. Os elementos estruturantes, por sua vez, dão sustentação e travamento ao molde, garantindo que não se deforme.

Figura 3 - Fôrmas de um pilar.



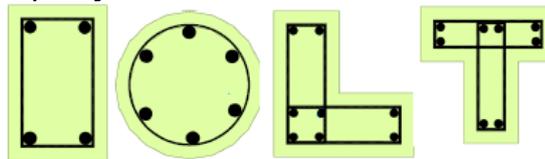
Fonte: Gomes (2020).

Barras longitudinais

A principal função das armaduras longitudinais é contribuir com a resistência do pilar. Feito de aço, na grande maioria dos casos o vergalhão é fabricado com nervuras, que auxiliam na aderência do concreto e geram um vínculo forte que previne rachaduras. A NBR 6118 (ABNT, 2014) trata das exigências relativas às armaduras em pilares. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014):

- Diâmetro mínimo e taxa de armadura - O diâmetro das barras longitudinais não deve ser inferior a 10 mm nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal.
- Distribuição transversal - As armaduras longitudinais devem ser dispostas na seção transversal, de forma a garantir a resistência adequada do elemento estrutural. Em seções poligonais, deve existir pelo menos uma barra em cada vértice; em seções circulares, no mínimo seis barras distribuídas ao longo do perímetro.

Figura 4 - Disposição transversal das armaduras longitudinais.



Fonte: Douglas (2022).

De acordo com a NBR 7480/2007, as barras de aço são classificadas nas categorias CA-25 e CA-60, e os fios de aço na categoria CA-50.

Aço CA-25

As classes estão relacionadas com as características de cada barra, o 25 está relacionado à resistência característica de tensão de escoamento de 25 kgf/mm² ou 250 Mpa. Ainda de acordo com a NBR 7480/2007, a categoria CA-25 deve ter superfície obrigatoriamente lisa, desprovida de quaisquer tipos de nervuras ou entalhes. É um aço pouco utilizado na construção civil. De acordo com Rossi (2020), essas barras são encontradas nos diâmetros de 6.3 mm, 8 mm, 10 mm, 12.5 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, 32 mm e 40 mm e com 12 metros de comprimento (Figura 5).

Figura 5 - Vergalhão de aço CA-25.



Fonte: Gerdau (2019).

Aço CA-60

Nesse tipo de aço, de acordo com a NBR 7480/2007, os fios podem ser lisos, entalhados ou nervurados (Figura 6). Os fios de diâmetro nominal igual a 10,0 mm devem ter obrigatoriamente entalhes ou nervuras. Sua resistência característica de tensão de escoamento é de 60 kgf/mm² ou 600 Mpa. Rossi (2020), afirma que o aço CA-60 é utilizado concomitante com o CA-50 nos projetos de armação, e suas barras possuem diâmetro de 4.2 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm e 9.5 mm e com 12 metros de comprimento.

Figura 6 - Vergalhão de aço CA-60.



Fonte: Gerdau (2019).

Aço CA-50

Segundo Rossi (2020), esse é o tipo de aço mais utilizado na construção civil (Figura 7). Para esse tipo de barra, a NBR 7480/2007, expõe que as barras da categoria CA-50 são obrigatoriamente, providas de nervuras transversais oblíquas, e as barras devem ter pelo menos duas nervuras longitudinais contínuas e diametralmente opostas, que impeçam o giro da barra dentro do concreto, exceto no caso, em que as nervuras transversais oblíquas, estejam dispostas de forma a se oporem a este giro. Sua resistência característica de tensão de escoamento de 50 kgf/mm² ou 500 Mpa. Rossi (2020) afirma que os diâmetros das barras podem ser de 6.3 mm, 8 mm, 10 mm, 12.5mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm, 32 mm e 40 mm e com 12 metros de comprimento.

Figura 7 - Vergalhão de aço CA-50.



Fonte: Gerdau (2019).

Barras transversais

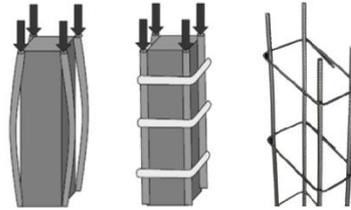
As barras transversais são os estribos, que segundo de Luiz (2022),

Os estribos, apesar de parecerem peças simples, possuem funções fundamentais para toda a estrutura de uma obra, independentemente da peça em questão. Em primeiro lugar, os estribos garantem o correto posicionamento das barras longitudinais que compõem a estrutura, contribuindo assim para a distribuição de esforços e a garantia do recobrimento de concreto nas faces externas das peças. Como os estribos são os responsáveis pela correta posição da armadura no elemento estrutural, uma falha na confecção ou ainda no posicionamento do estribo pode expor precocemente a armadura à corrosão (falta de recobrimento). A ausência, ou ainda a falta da quantidade de estribos adequados, pode comprometer a estrutura, colocando em risco toda a edificação.

Ao segurar as barras longitudinais, os estribos ajudam a evitar o fenômeno de flambagem (Figura 8), que acontece quando a peça sofre flexão transversalmente devido à compressão axial. A flambagem é considerada uma instabilidade elástica,

assim, a peça pode perder sua estabilidade sem que o material já tenha atingido a sua tensão de escoamento (GREENE, 2021).

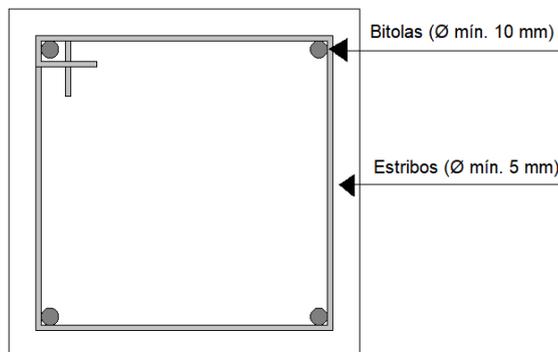
Figura 8 - Como evitar a flambagem em pilares.



Fonte: Douglas (2022).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a armadura transversal de pilares, constituída por estribos e, quando for o caso, por grampos suplementares, deve ser colocada em toda a altura do pilar, sendo obrigatória a sua colocação na região de cruzamento com vigas e lajes. O diâmetro dos estribos em pilares não pode ser inferior a 5 mm nem a 1/4 do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente do feixe que constitui a armadura longitudinal (Figura 9).

Figura 9 - Esquema da seção transversal de um pilar.



Fonte: Autor (2022)

Concreto

Esse é um dos materiais mais utilizados na construção civil. O concreto é um composto feito por aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo e água. No Brasil, em geral, usa-se como aglomerante o Cimento Portland, que de acordo com Bauer (2001), é obtido pela pulverização de clínquer, constituído de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo adições de certas

substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. Quanto aos agregados, são constituídos por misturas de partículas que podem ter tamanhos variados, podendo ser naturais ou industrializados e têm como função melhorar algumas características do concreto (BAUER, 2001)

Vale ressaltar que comumente são adicionados no concreto alguns aditivos, a fim de modificar as suas características. Alguns desses aditivos são, de acordo com Tecnosil (2017),

Incorporadores de ar, que incorporam ou adicionam ar ao concreto, tornando-o mais coesivos e untuosos; Plastificantes, têm como função plastificar o concreto aumentando o slump sem adição de água; Os superplastificantes, que têm função similar à dos plastificantes, no entanto, os mesmos efeitos podem ser adquiridos com menores dosagens; Aceleradores, têm como função acelerar a pega do concreto ou argamassa, com aumento reativo da resistência inicial; Retardadores, que facilitam sua aplicação em longas distâncias.

De acordo com Pinheiro (2019), com a evolução das construções, as necessidades relacionadas ao concreto também aumentaram, fazendo com que as suas especificidades se aprimorassem de acordo com a exigência. Por esse motivo, atualmente, a variedade quanto aos tipos de concreto é enorme, e os principais tipos de concreto utilizados são:

- Concreto convencional - é o tipo mais comum na construção brasileira e pode ser utilizado em diversos tipos de estruturas;
- Concreto bombeável - tem como característica a sua alta fluidez, permitindo que ele seja transportado por bombeamento via tubulações;
- Concreto armado - nesse caso são adicionadas armações de aço ao concreto, a fim de aumentar sua resistência à esforços de tração e compressão;
- Concreto protendido - baseia-se em um aço de protensão tracionado antes e depois da concretagem, buscando resistir melhor ao esforço de tração;
- Concreto de alta resistência - possui uma resistência à compressão maior e com tempo menor de idade, é bastante utilizado em fundações, pois é capaz de suprir as necessidades de resistência com um menor volume;
- Concreto auto adensável - possui enorme fluidez e nele são utilizados aditivos superplastificantes, dispensando o uso de ferramentas para o adensamento, como por exemplo os vibradores;

- Concreto leve - é um concreto que possui baixa densidade (cerca de 1/3 da densidade dos concretos comuns), se destacam pela alta capacidade de isolamento térmico e acústico, muito utilizado no enchimento de lajes;
- concreto pesado, possui densidade elevada, obtida através da adição de materiais pesados como magnetita, hematita e barita, e são utilizados principalmente em câmaras de Raio-X, bases e lastros de reatores atômicos. (PINHEIRO, 2019).

Também é muito comum, apesar de não ser permitido por norma, o uso do concreto armado utilizando treliças metálicas eletrossoldadas como ferragens.

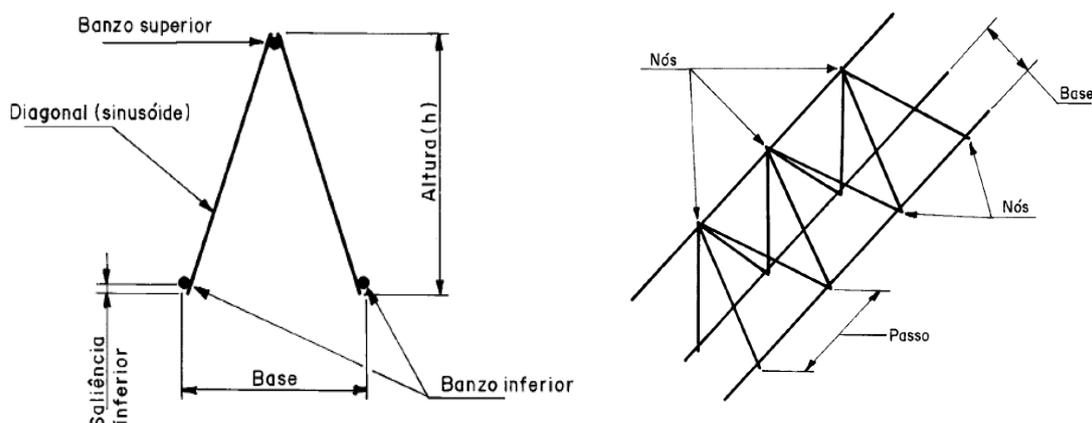
2.2. Armadura treliçada eletrossoldada

A armadura treliçada é uma armadura de aço pronta, pré-fabricada, em forma de estrutura espacial prismática, constituída por dois fios de aço paralelos na base (banzo inferior) e um fio de aço no topo (banzo superior), interligados por eletrofusão (caldeamento) aos dois fios de aço diagonais (sinusóides), com espaçamento regular (NBR 14859-3/2016 Emenda 1/2017).

A Figura 10 indica as seções típicas e perspectivas de uma treliça, respectivamente.

A seção típica é composta por banzo superior, banzos inferiores e diagonal; enquanto que em perspectiva é possível observar os nós que ligam os elementos.

Figura 10 - (a) Seção típica de uma treliça, (b) Perspectiva de uma treliça.



Fonte: ABNT NBR 14859-3/2016 (Emenda 1/2017).

Os fios longitudinais superiores (banzos superiores) garantem rigidez ao conjunto, colaborando como armadura resistente ao momento fletor negativo após a retirada dos escoramentos, e também como armadura de compressão durante a montagem e a concretagem da estrutura treliçada; os fios longitudinais inferiores (banzos inferiores) colaboram como armadura resistente ao momento fletor positivo; as diagonais ajudam como armadura resistente à força cortante, e servem para promover coesão entre o concreto do elemento pré-moldado e o concreto de capeamento; por fim, os nós são onde os fios longitudinais (inferiores e superiores) são unidos às diagonais (ARCELOR MITTAL, 2017).

De acordo com o manual técnico de treliças nervuradas da ArcelorMittal (2017), as treliças possuem diferentes modelos, alturas e pesos, onde cada modelo é identificado por uma designação. As treliças são encontradas com diâmetro superior variando de 6,0 mm a 8,0 mm; diâmetro inferior de 4,2 mm a 8,0 mm; altura de 80mm a 300 mm; diagonal com 4,2 mm e 5 mm, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações das treliças.

Modelo	Designação	Altura (h) (mm)	Superior (Ø S)	Diagonal (Ø D)	Inferior (Ø I)
TB 8L	TR 8644	80	6,0	4,2	4,2
TB 8M	TR 8645	80	6,0	4,2	5,0
TB 12M	TR 12645	120	6,0	4,2	5,0
TB 12R	TR 12646	120	6,0	4,2	6,0
TB 16L	TR 16745	160	7,0	4,2	5,0
TB 16R	TR 16746	160	7,0	4,2	6,0
TB 20L	TR 20745	200	7,0	4,2	5,0
TB 20R	TR 20756	200	7,0	5,0	6,0
TB 25M	TR 25856	250	8,0	5,0	6,0
TB 25R	TR 25858	250	8,0	5,0	8,0
TB 30M	TR 30856	300	8,0	5,0	6,0
TB 30R	TR 30858	300	8,0	5,0	8,0

Comprimento:

6, 8, 10 e 12 m

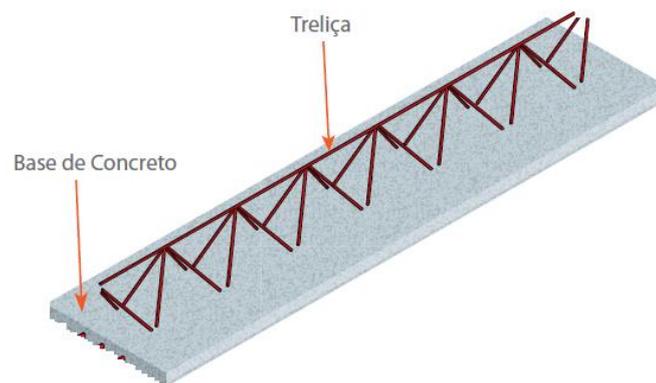
Fonte: Adaptado do Manual técnico ArcelorMittal (2017).

De acordo com a NBR 14859-3/2017, as armaduras treliçadas eletrossoldadas devem ser utilizadas para a construção de vigotas para lajes pré-fabricadas.

Segundo a NBR 14859-3 (ABNT, 2017),

Vigotas pré-fabricadas são constituídas por concreto estrutural, executadas industrialmente fora do local de utilização definitivo da estrutura, ou mesmo em canteiros de obra, sob rigorosas condições de controle de qualidade. Englobam total ou parcialmente a armadura inferior de tração, integrando parcialmente a seção de concreto da nervura longitudinal.

Figura 11 - Vigota pré-fabricada.



Fonte: Adaptado do Manual técnico ArcelorMittal (2017).

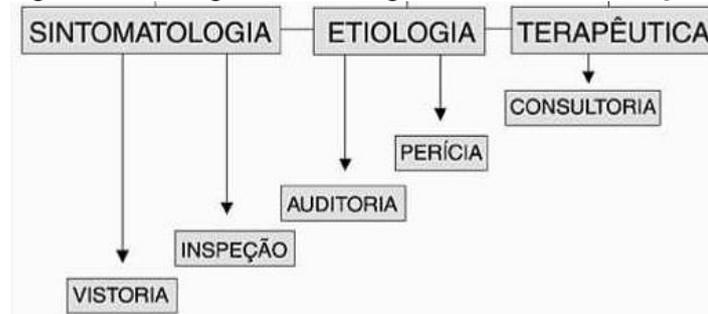
Quando os materiais não são utilizados de forma correta, estão sujeitos ao aparecimento de manifestações patológicas, e dessa forma, a engenharia diagnóstica torna-se indispensável quando se trata de estudos relacionados à essa área de atuação.

2.3. Engenharia Diagnóstica

A Engenharia Diagnóstica é o ramo da engenharia e da arquitetura que avalia as condições e investiga possíveis complicações e soluções para manifestações patológicas em edificações (ALVES, 2021).

Conforme o Instituto de Engenharia, a Engenharia Diagnóstica aplicada são as investigações científicas das patologias prediais, através de metodologias que possibilitem obter dados técnicos para a caracterização, análise, atestamento, apuração da causa, prognóstico e prescrição do reparo da manifestação patológica predial em estudo. (INSTITUTO DE ENGENHARIA, 2016). A Engenharia Diagnóstica possui algumas ferramentas que são elas: vistoria, inspeção, auditoria, perícia e consultoria (Figura 12).

Figura 12 - Engenharia diagnóstica em edificações.



Fonte: Adaptado de Gomide; Fagundes Neto e Gullo (2009).

De acordo com a Figura 12, a Engenharia Diagnóstica pode ser subdividida em algumas tipologias de análises de acordo com a finalidade do estudo:

- Sintomatologia - trata-se da confirmação e análise dos índices e da situação física das anomalias construtivas e falhas de manutenção;
- Etiologia - início, causa, efeito, mecanismo de ação das anomalias construtivas e falhas de manutenção;
- Terapêutica - análise das correções das anomalias construtivas e falhas de manutenção.

Dentre as ferramentas utilizadas na engenharia diagnóstica a Inspeção predial é o processo de avaliação das condições técnicas, de uso, operação, manutenção e funcionalidade da edificação e seus sistemas e subsistemas construtivos, de forma sistêmica e predominantemente sensorial (na data da vistoria), considerando os requisitos dos usuários (NBR 16747/2020). Vale salientar que independente da tipologia de análise é importante que seja realizada a vistoria in loco, pois essa, fornece diversas informações relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

A inspeção predial é o *check-up* da edificação, visando à boa qualidade predial e também à boa saúde de seus usuários. Ela requer o diagnóstico de seus sistemas para posteriores providências de reparos e serviços de manutenção predial (GOMIDE et al., 2020).

A inspeção predial, segundo a NBR 16747/2020, deve seguir algumas etapas que são elas:

- a) Levantamento de dados e documentação;
- b) Análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados;

c) Anamnese para identificação de características construtivas da edificação;
d) Vistoria da edificação de forma sistêmica;
e) Classificação das irregularidades constatadas (anomalias ou falhas); anomalias caracterizam-se pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo e são divididas em:

- Endógena ou construtiva: decorre das etapas de projeto e/ou execução;
- Exógena: provém de fatores externos à edificação, provocados por terceiros;
- Funcional: devido ao envelhecimento natural e consequente término da vida útil;

Falhas: caracterizam-se pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo, decorrentes do uso, operação e manutenção.

f) Recomendações das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos da edificação;

g) Organização das prioridades em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial;

h) Avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 56740/2012;

i) Avaliação do uso;

j) Redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

Ainda de acordo com a NBR 16747/2020, as recomendações técnicas para a correção das anomalias, falha de uso, operação/manutenção e etc., devem seguir uma organização de prioridades, em patamares de urgência:

- Prioridade 1 – Ações necessárias quando a perda de desempenho compromete a saúde e/ou a funcionalidade dos sistemas construtivos, com possíveis paralisações; comprometimento de durabilidade (vida útil) e/ou aumento expressivo de custos de manutenção e de recuperação. Também devem ser classificadas no patamar prioridade 1 as ações necessárias quando a perda de desempenho, real ou potencial, pode gerar riscos ao meio ambiente. Intervenção imediata;
- Prioridade 2 – Ações necessárias quando a perda parcial de desempenho (real ou potencial) tem impacto sobre a funcionalidade da edificação, sem prejuízo à

operação direta de sistemas e sem comprometer a saúde e segurança dos usuários;

- Prioridade 3 - Ações necessárias quando a perda de desempenho (real ou potencial) pode ocasionar pequenos prejuízos à estética ou quando as ações necessárias são atividades programáveis e passíveis de planejamento, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor da edificação. Neste caso, as ações podem ser feitas sem urgência, porque a perda parcial de desempenho não tem impacto sobre a funcionalidade da edificação, não causa prejuízo à operação direta de sistemas e não compromete a saúde e segurança dos usuários (NBR 16747/2020).

A avaliação da condição da construção deverá ser sempre fundamentada, confrontando o resultado encontrado com o previsto em projeto. Quanto à ordem de prioridades, recomenda-se que seja disposta em ordem decrescente quanto ao grau de risco e intensidade das anomalias e falhas. Essa ordem pode ser apurada por metodologias técnicas como por exemplo a matriz GUT.

A Matriz GUT é uma ferramenta criada por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe, que auxilia na identificação de situações de forma a priorizar suas resoluções. Serve para apoiar o gestor na hora de lidar com muitos problemas ou decisões complexas, orientando a melhor sequência para solucionar essas questões. Dessa forma, cada problema é classificado de acordo com critérios de gravidade (G), urgência (U) e tendência (T) (SCHULTZ, 2019).

A matriz GUT avalia três critérios, que são, de acordo com Camargo (2018),

Gravidade (G): trata do impacto que o problema gerará nos envolvidos, podendo ser os colaboradores, os processos, tarefas, resultados da empresa etc. A análise é feita nos efeitos que o problema, caso não seja resolvido, acarretará em médio e longo prazo;

Urgência (U): é o prazo, ou o tempo disponível para a resolução do problema. Aqui não tem segredo: quanto menor o tempo, mais urgente será o problema que deverá ser resolvido;

Tendência (T): trata da probabilidade (ou do potencial) que o problema tem de crescer com o passar do tempo. Aqui é feita uma previsão da evolução do problema.

A finalidade é elencar e enumerar as ações de forma racional de prioridade, considerando a gravidade, urgência e tendência (Tabela 2).

Tabela 2 - Escala de pontuação do método GUT.

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente Grave	Precisa de Ação Imediata	Priorizar Rapidamente
4	Muito Grave	Muito Urgente	Priorizar no Curto Prazo
3	Grave	Urgente, merece atenção no curto prazo	Priorizar no Médio Prazo
2	Pouco Grave	Pouco Urgente	Priorizar no Longo Prazo
1	Sem Gravidade	Pode Esperar	Não Irá Mudar

Fonte: Camargo (2018).

Os valores obtidos são então multiplicados entre si, resultando em um valor para cada problema, de modo que o valor máximo é de 125 (5 x 5 x 5).

Analisando esses três fatores, a Matriz GUT consegue ser uma ferramenta importantíssima e de grande ajuda para a priorização da solução de problemas. Apesar da sua utilização ser simples, sua eficácia faz com que as tomadas de decisões sejam mais precisas (CAMARGO, 2018).

2.3.1. Patologia em estrutura de concreto armado

A patologia é entendida como a ciência do estudo das causas, mecanismos, manifestações e consequências de erros na construção civil ou no caso de o edifício não fornecer um desempenho mínimo pré-determinado pelo utilizador. A maioria das patologias nas edificações ocorre em consequência de falhas de execução e pela falta de controle de qualidade, comprometendo a segurança e a durabilidade do empreendimento (SANTOS, 2014).

Os problemas patológicos surgem devido às mais diversas falhas, sendo essas presentes em uma ou mais etapas da construção. Em pilares, as manifestações patológicas mais usuais são: fissuras, tricas, rachaduras, flambagens e vazios de concretagem (FABIANO *et al.*, 2017).

Piancastelli (2014 *apud* SANTOS, 2014) concluiu em seu estudo que as maiores origens de manifestações patológicas no Brasil, estão relacionadas às etapas de projeto, execução e utilização.

Fissuras, trincas e rachaduras

De modo geral, fissuras, trincas e rachaduras são a mesma coisa, são aberturas alongadas que se estendem pelos pilares, onde ambas ocorrem principalmente quando o pilar está recebendo uma carga maior do que a planejada ou por utilização de material inadequado. Quando não recuperada, a fissura pode evoluir para uma trinca e depois para uma rachadura (ABDALLA, 2017). A NBR 9575 (ABNT, 2003) descreve fissura como sendo uma abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5mm; as trincas são aberturas ocasionadas por ruptura de um material ou componente, superior a 0,5mm e inferior a 1,0 mm de espessura, e de acordo com Flausino (2017), por serem mais profundas e acentuadas do que as fissuras, podem contribuir com a ruptura do pilar; a rachadura é uma evolução da trinca, mede acima de 1,0 mm de espessura, e nesses casos a ruptura do elemento é algo iminente. Segundo o IBAPE-MG (2014 *apud* FRAZÃO, 2020), as rachaduras têm espessuras entre 1 mm e 5 mm. A atualização da NBR 9575 realizada em 2010, retirou as definições de fissuras e trincas de acordo com sua espessura. Portanto, por motivos didáticos, serão adotadas as definições de fissuras e trincas abordadas na NBR 9575 (ABNT, 2003).

Figura 13 - Diferença entre rachadura, trinca e fissura.



Fonte: Engenharia mais (2020).

Vazios de concretagem

Os vazios de concretagem, mais conhecidos como ninhos ou bicheiras, são manifestações patológicas que podem ocorrer desde da fase de projeto, como também, na fase de execução. Essa manifestação, é caracterizada pelo preenchimento inadequado dos espaços no elemento estrutural, causados principalmente por espaçamento da armadura insuficiente, dificuldade de penetração do concreto nas fôrmas, e na grande maioria dos casos, pela falta de vibração (NAKAMURA, 2020).

Figura 14 - Vazios de concretagem.



Fonte: Nakamura (2020).

Flambagem

A flambagem acontece quando a peça sofre flexão transversalmente devido à compressão axial. É considerada uma instabilidade, e dessa forma, a peça pode perder sua estabilidade sem que o material já tenha atingido a sua tensão de escoamento. Geralmente, ocorre quando a seção transversal é muito pequena em relação à seção longitudinal (GREENE, 2021).

Figura 15 - Flambagem em pilar.



Fonte: Roberto (2016).

Patologia gerada na fase de projeto

Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado que tenham sido geradas na fase do projeto, são aquelas que advêm de um mau planejamento do mesmo ou falhas técnicas, sejam por desconhecimento ou negligência. Vale ressaltar que, as falhas geradas durante a fase de projeto, terão como consequências problemas com soluções mais dificultosas a serem reparados nas etapas de execução e utilização (TRINDADE, 2015).

As possíveis manifestações oriundas da etapa de projeto podem ser advindas das seguintes situações:

- Falta/erro de cálculo e detalhamento da armadura das partes constituintes dos elementos estruturais;
- Erro do F_{ck} do concreto;
- Erro no modelo estrutural;
- Especificação errada dos materiais constituintes do concreto;
- Má avaliação das cargas.

Patologia gerada na fase de execução

Após o início da construção, a mesma possui riscos de haver falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas variadas, tais como a falta de mão de obra

qualificada, o controle de qualidade, as péssimas condições de trabalhos para os funcionários, o mau escoramento das formas, materiais de segunda linha com qualidade ruim, a irresponsabilidade técnica dos responsáveis e até mesmo a sabotagem (TAKATA, 2009). Na fase de execução, é necessário levar em consideração, a programação acerca do canteiro de obras para um bom funcionamento da mesma.

Algumas situações ocorridas durante a fase de execução podem gerar patologias, como por exemplo:

- Mau escoramento das fôrmas;
- Falhas no adensamento do concreto devido à precária vibração;
- Erro na altura de lançamento do concreto;
- Traço do concreto mal executado;
- Erros relacionados à deficiência de armadura, apontados por Custódio e Ripper (2009), como má interpretação dos elementos, insuficiência de armadura por irresponsabilidade, mau posicionamento das armaduras e o cobrimento de concreto insuficiente;

A utilização incorreta de materiais pode afetar diretamente na deficiência de armadura, comprometendo drasticamente assim a resistência da peça, seja na utilização de aço com características diferentes das especificadas em projeto em termos de categoria, seja em relação ao diâmetro das barras. (CUSTÓDIO; RIPPER, 2009).

Patologia na fase de utilização

Para que uma edificação tenha sua vida útil compatível com a que foi planejada, é indispensável o uso do material adequado, o cuidado e manutenção com a mesma, principalmente nas áreas em que há um uso e ocupação maior.

De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), manutenção é o conjunto de atividades que devem ser realizadas ao longo da vida total da edificação, para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança dos seus usuários.

Um bom planejamento de manutenção é fundamental para que as partes constituintes de uma edificação, consigam ter uma vida útil considerada.

A omissão em relação à necessária atenção para a manutenção das edificações, pode ser constatada nos frequentes casos de edificações retiradas de serviço muito antes de cumprida a sua vida útil projetada, podendo causar transtornos aos seus usuários e um sobre custo em intensivos serviços de recuperação ou construção de novas edificações (NBR 5674/2012).

De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), a manutenção preventiva em estruturas de vigas, lajes e pilares deve ser feita a cada ano, através de empresas especializadas. Dessa forma, a fim de evitar problemas na edificação, o proprietário deve estar atento à manutenção da mesma, bem como ao uso de produtos que possam ser prejudiciais à estrutura, além de respeitar o limite das cargas permitido.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo trata dos materiais e procedimentos realizados para o desenvolvimento da pesquisa de forma a viabilizar o objetivo.

3.1. Materiais

A vistoria foi realizada utilizando dos seguintes materiais:

- Câmera fotográfica do celular;
- Prancheta, papel e caneta;
- Fissurômetro;
- Trena

3.2. Métodos

Primeiramente foi feito um levantamento para identificar que residências os proprietários consentiriam na vistoria e depois foi solicitado aos mesmos as documentações sobre as edificações.

Foram vistoriadas vinte (20) edificações residenciais, sendo dezesseis (16) de um só pavimento e quatro (4) casas com dois pavimentos. As edificações tiveram área variando de 50 m² a 75 m². A vistoria foi dividida em duas etapas, primeiramente foram vistoriadas as edificações de um pavimento, no período de 10 a 30 de maio de 2022, e no período de 1 a 10 de junho de 2022, foram vistoriadas as edificações de dois pavimentos. O espaçamento entre os dias para as vistorias se deu devido à dificuldade de locomoção, uma vez, que as edificações ficam localizadas em bairros diferentes e distantes, como também, pelo fato, de muitas vezes o proprietário marcar a data da vistoria, contudo, o mesmo não se encontrara, impossibilitando com isso, o registro das manifestações patológicas.

Após realizado o registro fotográfico e listagem das patologias encontradas, foi utilizada a matriz GUT para classificar o grau de intensidade dos danos, seguindo o modelo da Tabela 3:

Tabela 3 - Modelo de matriz GUT.

Problema	G	U	T	GxUxT	Grau de priorização
Item X					

Fonte: Adaptado de Gomide *et al.* (2009).

Para constatação da área de aço da barra exigida pela NBR 6118/2014, foi utilizada a equação 1:

$$\text{Área de aço de cada barra} = \pi \times \frac{d^2}{4} \quad (1)$$

Onde π é aproximadamente 3,14; d é o diâmetro da barra (mínimo de 10 mm) exigido pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

A equação 1 foi utilizada também para calcular a área de cada barra da seção transversal da treliça.

A Figura 16 identifica a seção transversal e os elementos de uma treliça, que foram utilizados para o cálculo da área de aço total da seção transversal da treliça, conforme desenvolvida na equação 2:

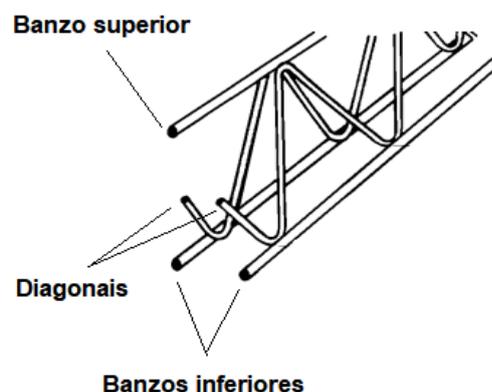
$$\text{Área de aço total} = B + (2 \times b) + (2 \times d) \quad (2)$$

B - área do banzo superior;

b - banzo inferior;

d - área da seção transversal da diagonal.

Figura 16 - Seção transversal e elementos de uma treliça.



Fonte: Adaptado de www.feb.unesp.br (2022).

A porcentagem correspondente entre a área de aço total encontrada na seção transversal da treliça, e a área de aço mínima exigida pela NBR 6118 (ABNT, 2014), foi calculada pela equação 3:

$$\text{Porcentagem de área de aço} = \frac{\text{Área de aço total}}{\text{Área de aço mínima (3,14 ou 4,71)}} \quad (3)$$

Sendo 3,14 para seções retangulares e 4,71 para seções circulares.

Também foi realizada uma consulta sobre os preços das ferragens (treliças e vergalhões), no dia 24 de junho, em duas lojas de materiais de construção na cidade de Lavras da Mangabeira.

3.3. Caracterização do local

Possuindo cerca de 6 mil habitantes, o distrito de Amaniutuba está vinculado ao município de Lavras da Mangabeira, que está localizado no estado do Ceará.

De acordo com a divisão regional do IBGE, o Ceará está localizado na Região Nordeste do Brasil e tem como capital a cidade de Fortaleza.

Amaniutuba pertence à Microrregião Lavras da Mangabeira e à Mesorregião do Centro-Sul Cearense, conforme as Figuras 17 (a) e (b).

Figuras 17 - (a) e (b) Mapa de localização.



Fonte: Google Earth (2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nenhuma das casas vistoriadas possuíam documentações como plantas baixas, memorial e plantas da parte estrutural.

A partir da vistoria, e em conversas com os proprietários, foi constatado o uso do elemento estrutural pilar em concreto armado, feito a partir de treliças metálicas. Para um melhor entendimento, a apresentação dos resultados está dividida em edificações que apresentaram manifestações patológicas e as que ainda não apresentaram.

4.1. Edificações com patologias

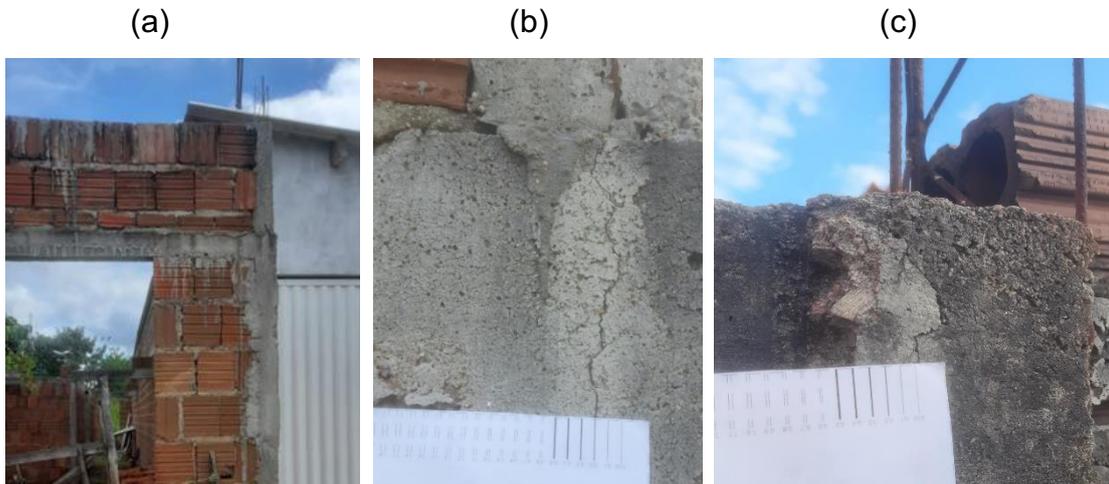
Doze das vinte edificações vistoriadas apresentaram patologias, as quais são de diversos tipos, tais como: Fissuras, trincas, rachaduras, vazios de concretagem (bicheiras ou ninhos) e flambagem. As edificações em que foram identificadas as patologias têm entre 4 e 7 anos, de forma que a maior incidência foi em edificações de um pavimento (onze), enquanto que em edificação de dois pavimentos foi encontrada apenas uma incidência de patologia que foi vazio de concretagem.

4.1.1. Fissuras

No estudo foram encontradas fissuras em apenas uma das edificações, sendo essa de um pavimento (Figura 18 - Edificação 1).

Edificação 1

Figura 18 - (a) Pilar de canto feito com treliça, (b) e (c) Fissura em pilar de canto.



Fonte: Autor (2022)

A Edificação 1 tem um pavimento, sendo encontradas patologias na parte externa de um de seus pilares. Segundo relatos do proprietário, a edificação teve como elementos estruturais vigas e pilares, de forma que ele confirmou que os pilares tiveram suas armaduras feitas com treliças metálicas. Apesar de estar concretado, nota-se, a partir da Figura 18 (a), no topo do pilar, a treliça metálica utilizada. Na figura 18 (b), é possível identificar uma fissura com 0,2 mm de espessura, presente no pilar de canto, localizado na parte externa da residência. A figura 18 (c), por sua vez, indica uma outra fissura com 0,05 mm de espessura, no pilar.

Fabiano *et al.* (2017), observou as manifestações patológicas em pilares numa edificação pública térrea e constatou que as maiores incidências patológicas foram fissuras, deslocamento do concreto, ausência de cobrimento e corrosão das armaduras. As fissuras encontradas tiveram como origem falhas no processo construtivo (armaduras colocadas muito próximas da superfície) e ataque de agentes externos (causando a corrosão da armadura), aliado à falta de um programa de manutenção preventiva.

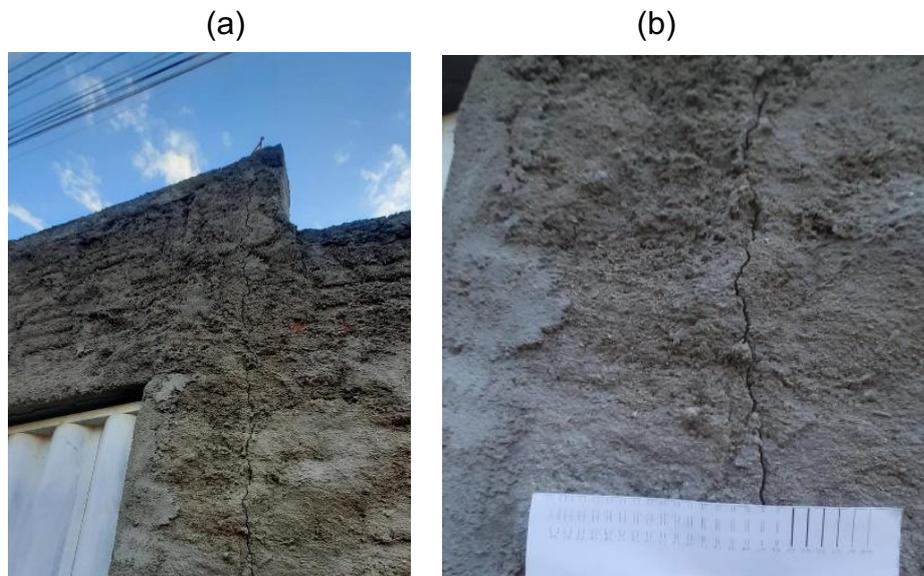
Martinez e Dardengo (2017), também realizaram um levantamento e análise de fissuras em elementos estruturais de concreto armado em duas edificações, no município de Serra - ES. O estudo teve como objetivo analisar fissuras em pilares e lajes, e suas possíveis causas, as quais concluíram ser, principalmente, cargas não previstas em projeto e falta de mão de obra qualificada.

4.1.2. Trincas

Foi observada uma trinca em apenas uma edificação, composta por um único pavimento (Figura 18 - Edificação 2).

Edificação 2

Figura 19 - (a) Pilar lateral feito com treliça, (b) Trinca em pilar lateral.



Fonte: Autor (2022).

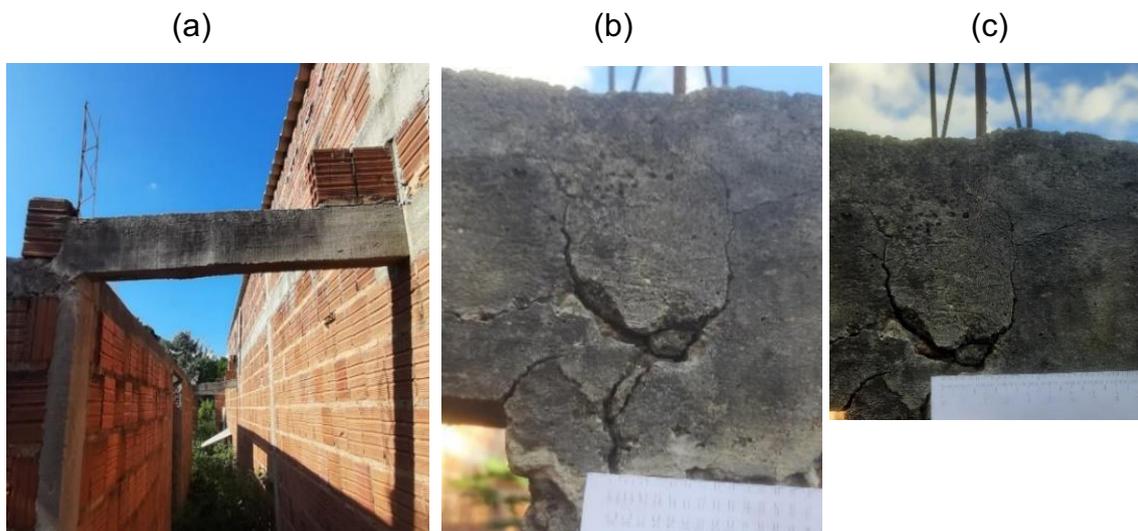
Na Edificação 2, de apenas um pavimento, foi encontrada uma patologia na parte externa da residência, localizada no pilar lateral, conforme indicado na figura 19 (b), uma trinca de 0,7 mm de espessura. A identificação da forma construtiva do pilar, se deu pelos relatos dos moradores da residência, em que afirmam ter sido construído utilizando treliça metálica.

4.1.3. Rachaduras

No estudo, foram identificadas rachaduras em três edificação, todas de um pavimento, sendo que em uma delas foi apenas no muro (Figura 20 - Edificação 3; Figura 21 - Edificação 4 e Figura 22 - Edificação 5).

Edificação 3

Figura 20 - (a) Pilar lateral feito com treliça, (b) e (c) Rachadura no pilar.



Fonte: Autor 2022.

Na edificação 3, formada apenas por um pavimento, foi identificado um pilar localizado na parte interna da residência, ilustrada sua parte frontal na Figura 20 (a), apresentando uma rachadura na sua parte traseira, com a espessura mais estreita medindo 3,1 mm, conforme a Figura 20 (b), e a parte mais larga medindo 5 mm de diâmetro, como indicado na Figura 20 (c). O proprietário relatou que a armação do pilar foi feita utilizando treliça metálica.

Edificação 4

Figura 21 - Rachadura em pilar de canto.

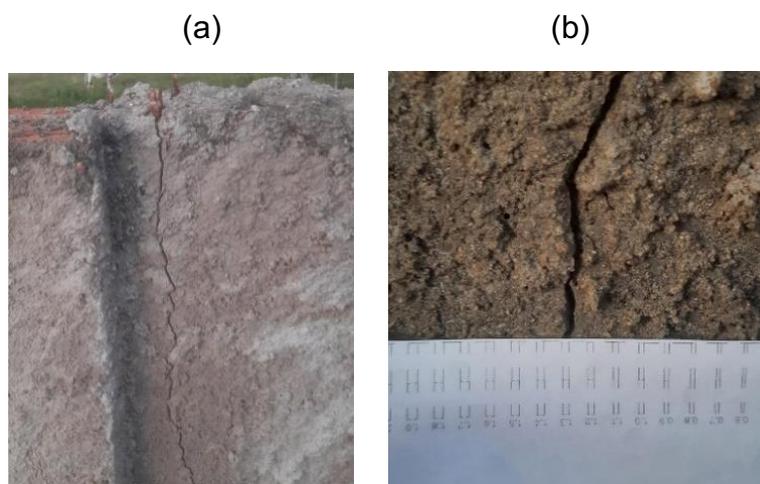


Fonte: Autor (2022).

A Edificação 4 possui um pavimento, nela foi encontrada patologia em um pilar, localizado na parte externa da residência. Conforme relatou o proprietário, no pilar foi utilizada treliça metálica como armação. A Figura 21, identifica o pilar de canto, com rachadura de 3 mm de espessura, além de parte da treliça na parte superior.

Edificação 5

Figura 22 - (a) Pilar de muro feito com treliça, (b) Rachadura no pilar.



Fonte: Autor (2022).

Também foi identificada uma rachadura com espessura de 1,3 mm, conforme a Figura 22 (b), em um dos pilares de um muro, indicado na Figura 22 (a), na Edificação 5, na parte externa. O pilar do muro foi construído utilizando treliça metálica para a armação, contou o proprietário durante a vistoria.

Dos Santos (2019), realizou um estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em uma repartição pública de um pavimento, e observou a incidência de trincas e rachaduras na alvenaria e em elementos estruturais, como lajes e pilares. Apresentaram, como possíveis origens, a falta de amarração na estrutura, falta de homogeneidade do concreto, além de armadura insuficiente.

Outro estudo sobre fissuras, trincas e rachaduras foi realizado por Magno (2012), onde foram analisadas as causas das patologias nos elementos estruturais, além de paredes e pisos, em uma edificação de dois pavimentos, e concluiu-se que as patologias tiveram como possíveis causas, sobrecargas não previstas em projeto, além do recalque das fundações

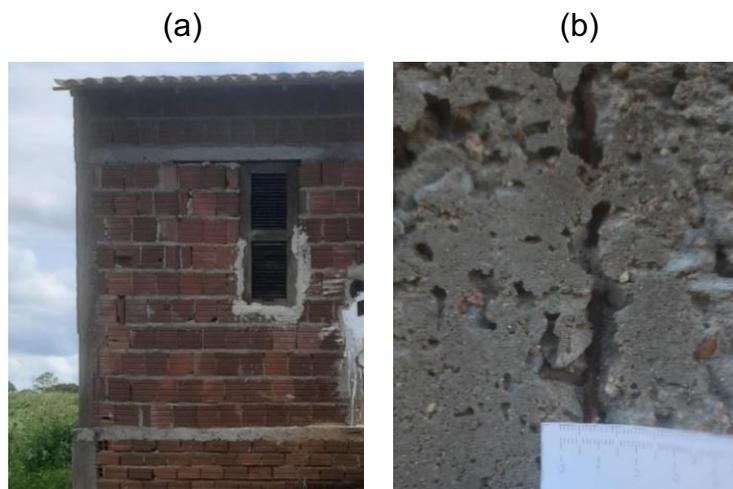
As fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas que podem surgir na fase de projeto, devido à uma má avaliação das cargas; na execução da edificação, devido a erros relacionados à deficiência de armadura ou utilização incorreta de materiais.

4.1.4. Vazios de concretagem

Foram identificados no estudo, vazios de concretagem em quatro edificações, sendo que uma incidência foi em uma edificação térrea, uma em edificação de dois pavimentos, e duas incidências em muros de outras duas edificações (Figura 23 - Edificação 6; Figura 24 - Edificação 7; Figura 25 - Edificação 8 e Figura 26 - Edificação 9).

Edificação 6

Figura 23 - (a) Pilar de canto feito com treliça, (b) Vazios no pilar.

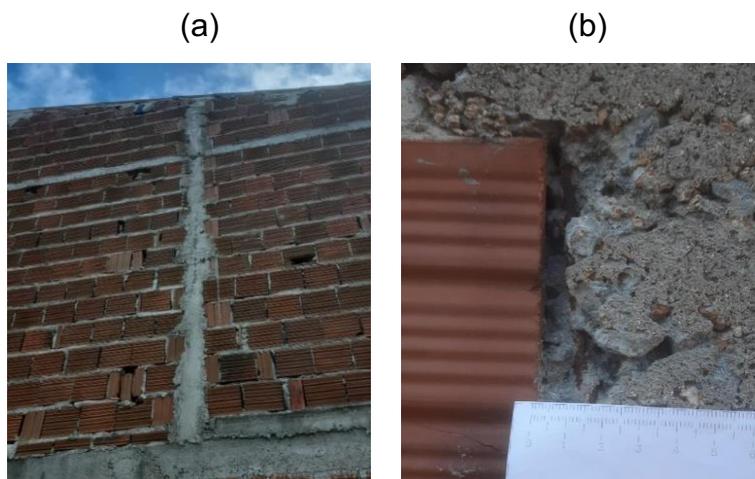


Fonte: Autor (2022).

A Edificação 6, de apenas um pavimento, foi construída utilizando treliça metálica na armação do elemento estrutural pilar, de acordo com o proprietário. Nela foram identificados vazios de concretagem em um pilar, localizado na parte externa da residência, como indicado na Figura 23 (a), com espessuras de cerca de 10 mm, conforme a Figura 23 (b).

Edificação 7

Figura 24 - (a) Pilar lateral feito com treliça, (b) Vazios no pilar.



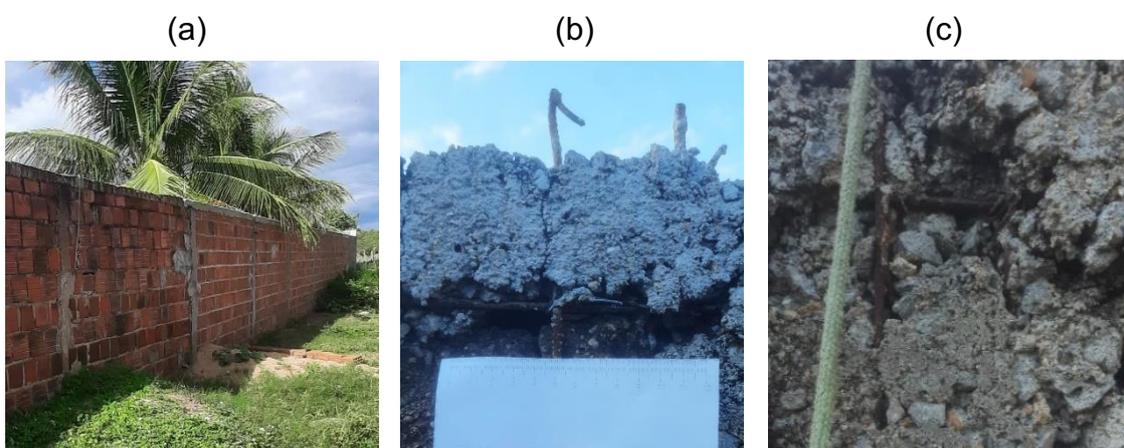
Fonte: Autor (2022).

A Edificação 7 possui dois pavimentos, contudo, de acordo com o proprietário, apenas o pavimento superior foi construído utilizando treliças metálicas nas armações dos pilares. Nessa Edificação, foram encontrados vazios de concretagem apenas na parte externa de um dos pilares laterais do pavimento superior, conforme a Figura 24 (a), de modo que os vazios encontrados, possuem cerca de 15 mm de espessura, como indicado na Figura 24 (b).

Ainda falando sobre vazios de concretagem, foram encontrados também, vazios em pilares de muros de duas edificações (Edificação 8 - Figuras 25 e Edificação 9 - Figura 26).

Edificação 8

Figura 25 - (a) Muro com pilares feitos de treliça, (b) e (c) Vazios nos pilares.



Fonte: Autor 2022.

Na Edificação 8, de um pavimento, foram encontradas patologias apenas dos lados externos dos pilares que compõem o muro da residência, indicado na Figura 25 (a). Apesar de estar concretado, é possível notar a partir das Figuras 25 (b) e (c), além dos vazios com mais de 120 mm de espessura, a exposição das treliças metálicas sendo utilizadas nas armações dos pilares. Além do mais, o proprietário também confirmou ter feito o uso das treliças.

Edificação 9

Figura 26 - (a) Muro com pilares feitos de treliças, (b) Vazios nos pilares.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2022).

Assim como a Edificação 8, a Edificação 9 possui um pavimento, e também foram encontradas patologias apenas no lado externo do muro da residência, localizadas nos pilares, indicados na Figura 26 (a). A partir da Figura 26 (b), é possível identificar a exposição de parte da treliça metálica utilizada na armação do elemento estrutural pilar. O proprietário relatou que todos os pilares do muro foram construídos utilizando as treliças metálicas.

Foi realizada por Alves e Melo (2021), uma inspeção para avaliação da degradação de elementos de concreto armado, em uma edificação pública de dois pavimentos. Foram selecionados seis pilares de concreto armado, escolhidos a partir de parâmetros de condições de exposição à vegetação, onde todos apresentaram vazios de concretagem, ocasionados por um lançamento, adensamento e dosagem

inadequadas, formando falhas na estrutura, existindo assim vazios e porosidades na pasta de cimento, onde tornam-se pontos de entrada para agentes de degradação (ALVES; MELO, 2021).

Felipe (2015), também realizou um estudo de caso, em um edifício comercial de oito pavimentos, analisando patologias em elementos de concreto armado, e identificou a incidência de vazios de concretagem, onde as possíveis causas foram o lançamento errado do concreto e a falta de vibração.

Os vazios surgem principalmente na fase de execução do projeto, nas falhas de adensamento do concreto, feitas com uma precária vibração, além de erros na altura de lançamento do concreto e erros no traço.

4.1.5. Flambagem

Quanto ao estudo, foram identificados pilares com flambagem em três edificações, sendo que em um dos casos o pilar desabou por consequência da patologia (Figura 27 (a) - Edificação 10; Figura 27 (b) - Edificação 11 e Figuras 28 (a) e (b) - Edificação 12).

Edificações 10 e 11

Figura 27 - (a) Pilar de canto e lateral feitos com treliça (b) Pilar de canto feito com treliça.

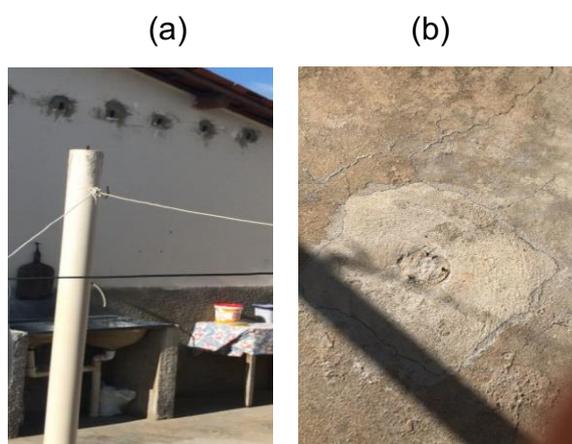


Fonte: Autor (2022).

As Edificações 10 e 11 têm muito em comum, pois além das duas possuírem apenas um pavimento, os pilares que dão sustentação aos seus respectivos alpendres, apresentaram visivelmente a mesma patologia, a flambagem, como é possível notar nas Figuras 27 (a) e (b). Os proprietários das duas edificações ao serem questionados sobre a forma construtiva dos pilares, admitiram ter utilizado treliças metálicas nas armações de todos os pilares dos alpendres em suas respectivas residências. Quanto à parte interna das edificações, os proprietários não liberaram para a vistoria.

Edificação 12

Figura 28 - (a) Pilar lateral feito com treliça, (b) Restos de um pilar.



Fonte: Autor (2022).

O caso da edificação 12 é mais grave, pois devido ao longo tempo em que o pilar ficou sob o efeito da flambagem, ele veio a desabar, levando consigo parte da cobertura da área de serviço da edificação. O proprietário relatou que o pilar havia sido construído utilizando treliça metálica em sua armação, e que já apresentava flambagem há um certo tempo, contudo, acreditava não ser grave. É possível notar, a partir da Figura 28 (b), nos restos do pilar, três pontas de aço que são da treliça que tinha sido utilizada.

Esse tipo de patologia é gerada principalmente na fase de projeto, com uma má avaliação das cargas, e na fase de execução, relacionadas à deficiência de armadura.

Todas as patologias foram classificadas como endógenas construtivas, uma vez, que essas são decorrentes das etapas de projeto e/ou execução, segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020).

4.2. Edificações sem patologias

Das vinte edificações vistoriadas, oito não apresentaram patologias. Essas edificações têm entre 6 meses e 2 anos, e acredita-se que ainda não surgiram patologias devido ao seu pouco tempo de uso. Dentre essas edificações, três são de dois pavimentos e cinco são de um pavimento, conforme indicado nas Figuras 29 (a) - Edificação 13; Figura 29 (b) - Edificação 14; Figura 29 (c) - Edificação 15; Figuras 30 (a), (b) e (c) - Edificação 16; Figura 31 - Edificação 17; Figuras 32 (a) e (b) - Edificação 18; Figuras 33 (a) e (b) - Edificação 19; Figura 34 - Edificação 20.

Edificações 13, 14 e 15

Figura 29 - (a), (b) e (c) Casas de dois pavimentos com pilares feitos de treliça.

(a)

(b)

(c)



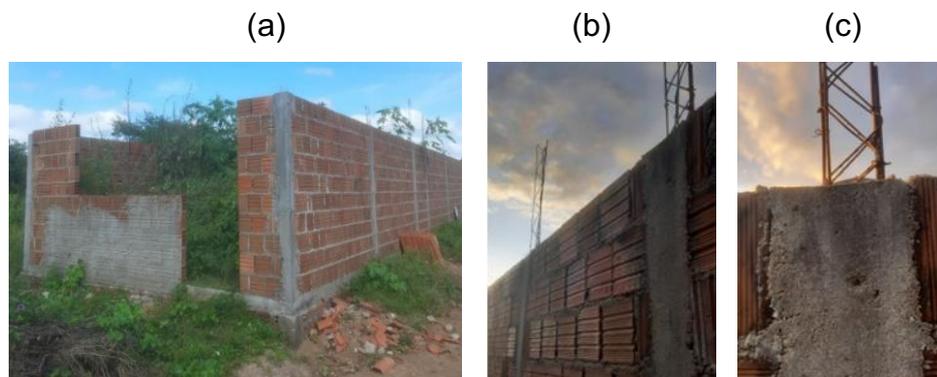
Fonte: Autor (2022).

As Edificações 13, 14 e 15 possuem dois pavimentos e não foram encontradas patologias nos pilares em nenhuma das residências, mesmo essas sendo construídas utilizando treliças metálicas para as armações de seus respectivos pilares. Apesar de não ser possível identificar a olho nu o uso das treliças, por estarem concretados os pilares das edificações 13 e 15, como indicados nas Figuras 29 (a) e (c), respectivamente, o proprietário relatou, durante a vistoria, que utilizou as treliças nas armações dos pilares. Assim como também relatou o uso do material treliçado, o

proprietário da Edificação 14, sendo que, nessa edificação, ainda inacabada, é possível notar visivelmente, a partir da Figura 29 (b), as treliças que serão concretadas junto ao pilar. Vale ressaltar que, nas três edificações, as treliças metálicas foram utilizadas como armações dos pilares apenas nos pavimentos superiores.

Edificação 16

Figura 30 - (a) Casa térrea com pilares feitos de treliça, (b) e (c) Pilar lateral feito com treliça.



Fonte: Autor (2022).

A Edificação 16, indicada na Figura 30 (a), é uma edificação ainda inacabada, a qual possui apenas um pavimento, onde não foram encontradas patologias. Através da vistoria, foi possível observar que todos os pilares da residência foram construídos utilizando treliças metálicas como armações, conforme indicado nas Figuras 30 (b) e (c).

Edificação 17

Figura 31 - Casa térrea com pilares de canto feitos com treliça.

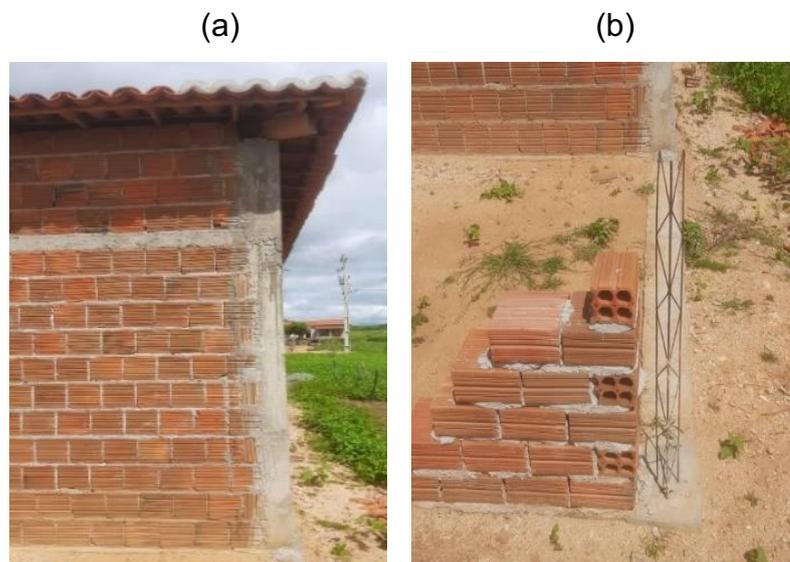


Fonte: Autor (2022).

Ainda inacabada, a Edificação 17 possui apenas um pavimento. Nessa edificação, foi observado o uso de treliças metálicas na construção de dois pilares de canto, conforme indicado na Figura 31, contudo, não foram identificadas patologias na edificação.

Edificação 18

Figura 32 - (a) Casa térrea com pilares feitos utilizando treliça, (b) Armação de pilar feita com treliça.



Fonte: Autor (2022).

A Edificação 18, a qual possui apenas um pavimento, como indicado na Figura 32 (a), não apresentou patologias em nenhum dos pilares. Sendo que, nos pilares da edificação, inclusive os que serão construídos para o alpendre, como indicado na Figura 32 (b), foram, de acordo com o proprietário, construídos com suas armações feitas de treliças metálicas.

Edificação 19

Figura 33 - (a) Pilar de canto feito com treliça, (b) Ligação dobradiça-pilar.



Fonte: Autor (2022)

A Edificação 19, a qual tem apenas um pavimento, foi a que mais chamou a atenção em relação às edificações que não apresentaram patologias, não só por possuir um pilar de canto feito com treliça, com indicado na Figura 33 (a), mas também por ter a dobradiça de um portão soldada no banzo da treliça que faz parte da armação do pilar, conforme a Figura 33 (b). Por mais grave que pareça a situação, ainda não surgiram patologias nessa edificação, onde o proprietário julgou ser “normal” a ligação feita no pilar.

Edificação 20

Figura 34 - União do pilar com viga de madeira.



Fonte: Autor (2022).

Na Edificação 20, contendo apenas um pavimento, o proprietário permitiu a vistoria somente no alpendre da residência, de modo que não foram identificadas

patologias nos pilares, apesar de terem sido construídos utilizando treliças como armações, conforme o proprietário. Contudo, pôde-se observar nessa edificação um ponto importante: como são unidos os topos dos pilares às vigas de madeiras. A união é feita apenas utilizando grampos para pregar a viga aos banzos da treliça que passam no topo do pilar, conforme indicado na Figura 34.

4.3. MATRIZ GUT

Tabela 4 - Matriz GUT das edificações com patologias.

Edificações	Problema	G	U	T	GxUxT	Grau de priorização
Edificação 1	Fissura em pilar de canto	3	3	5	45	2
Edificação 2	Trinca em pilar lateral	4	5	5	100	1
Edificação 3	Rachadura em pilar lateral	5	5	5	125	1
Edificação 4	Rachadura em pilar de canto	5	5	5	125	1
Edificação 5	Rachadura em pilar de muro	5	5	5	125	1
Edificação 6	Vazios de concretagem em pilar de canto	2	2	3	12	3
Edificação 7	Vazios de concretagem em pilar lateral	2	2	3	12	3
Edificação 8	Vazios de concretagem em pilar de muro	3	4	5	60	2
Edificação 9	Vazios de concretagem em pilar de muro	3	4	5	60	2
Edificação 10	Flambagem em pilar de canto e lateral	4	3	5	60	2
Edificação 11	Flambagem em pilar de canto	3	3	5	45	2

Fonte: Autor (2022).

Através da matriz GUT (Tabela 4), foi possível caracterizar e classificar as edificações e suas patologias apresentadas, organizadas em patamares de urgência, tendência e gravidade. O objetivo da matriz GUT é identificar e organizar possíveis situações que causem risco, solucionando-as de acordo com uma ordem de prioridade, por conta disso, a edificação 12 não se encontra presente na matriz, pois o pilar já havia desabado, não tendo mais como solucionar a sua flambagem.

Nas edificações com patologias, observou-se que as manifestações mais recorrentes foram vazios de concretagem. Em relação à ordem de prioridade, essa foi liderada pelas que apontam um perigo maior para a segurança do usuário. Sendo assim, foi atribuído grau de prioridade 1 às Edificações 2, 3, 4 e 5; grau 2 às Edificações 1, 8, 9, 10 e 11; e grau 3 às Edificações 6 e 7, as quais apresentam riscos menores.

Na correção das patologias, por se tratarem de reforços em estruturas de concreto armado, de acordo com Custódio e Ripper (2009), é necessário que se faça um estudo com cálculo estrutural, além de aprofundar a inspeção predial através de ensaio, para solucionar as situações caso a caso.

Quanto às edificações sem patologias, apesar de também terem seus pilares construídos utilizando treliças nas armações, acredita-se que ainda não apresentaram patologias pelo fato de terem sido construídas há pouco tempo (entre 6 meses e 2 anos), mas que muito provavelmente surgirão em um médio prazo. Por isso, é necessário ficar atento ao surgimento do que possam ser indícios de possíveis patologias. Vale ressaltar que a Edificação 19 merece uma atenção especial, pois apesar de não haver patologia, há um risco iminente de desprendimento da dobradiça que está soldada ao pilar de canto.

4.4. Ferragens nos pilares

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), há uma quantidade mínima de barras e de área de aço que devem ser utilizadas em cada tipo de pilar. Em pilares com seções transversais retangulares, devem ser utilizadas, no mínimo, 4 barras de pelo menos 10 mm de diâmetro cada, totalizando uma área de aço mínima de 3,14

cm². Em seções circulares, devem ser adotadas, no mínimo, 6 barras com 10 mm de diâmetro, possuindo uma área de aço mínima de 4,71 cm².

Contudo, a área de aço e a quantidade de barras utilizadas nas edificações que são objetos de estudo do presente Trabalho de Conclusão de Curso, não apresentam quantidades significativas do que referencia a norma.

Com os relatos dos proprietários, concluiu-se que as treliças que foram utilizadas na construção dos pilares são, de acordo com a designação da NBR 14859-3/2017, do tipo TR 8645, ou seja, com altura de 80 mm, banzo superior com 6 mm de diâmetro, banzo inferior com 5 mm de diâmetro e a diagonal com 4,2 mm de diâmetro.

As áreas de aço das seções transversais das treliças foram calculadas de acordo com a Equação 1, de modo que a área do banzo superior foi de 0,283 cm², a área de cada banzo inferior foi de 0,196 cm² e a área de cada barra diagonal foi de 0,138 cm². A área total da seção transversal foi de 0,951 cm², feita com a soma das áreas dos banzos e das diagonais, de acordo com a Equação 2.

Ao analisar os pilares feitos com as treliças metálicas, foi constatado que a área de aço da seção transversal dos mesmos, é de aproximadamente 0,951 cm², ou seja, 30% do valor que é exigido pela norma 6118 (ABNT, 2014) em seções retangulares, e 20% do valor exigido para seções circulares. A porcentagem correspondente entre a área de aço total encontrada na seção transversal da treliça, e a área de aço mínima exigida pela norma (3,14 cm² em seções retangulares e 4,71 cm² em seções circulares) foi calculada conforme a Equação 3.

4.5. Preço das ferragens

Ao serem questionados sobre o porquê de utilizarem as treliças para a construção dos pilares, as respostas dos proprietários em todos os casos foram idênticas: o custo. Dito isso, foi realizada uma consulta, no dia 24 de junho, em duas casas de materiais de construção, a fim de comparar os preços das ferragens.

➤ Casa Nunes:

- Treliça TR 8645 Gerdau, 6 metros - R\$ 43,00;
- Vergalhão de 10 mm, aço CA - 50 Gerdau, 12 metros - R\$ 75,00;

- Vergalhão de 5 mm, aço CA - 60 Gerdau, 12 metros - R\$ 25,00;
- Armação pronta, Gerdau, 6 metros - R\$ 150,00.

➤ Casa Freitas:

- Treliça TR 8645 Gerdau, 6 metros - R\$ 44,00;
- Vergalhão de 10 mm, aço CA - 50 Gerdau, 12 metros - R\$ 79,00;
- Vergalhão de 5 mm, aço CA - 60 Gerdau, 12 metros - R\$ 25,00;
- Armação pronta, Gerdau, 6 metros - R\$ 160,00.

Ao analisar a lista de preços, foi possível notar que, para construir de acordo com a norma, seria mais barato comprar a armação pronta em vez dos vergalhões separados, uma vez que a armação custa em média R\$ 155,00. Por outro lado, ao utilizar a treliça, o proprietário gasta em média R\$ 43,50, cerca de 28% do valor que gastaria para construir seguindo os parâmetros da norma.

5. CONCLUSÕES

Através da vistoria, foi identificado que o elemento estrutural pilar é confeccionado com treliça metálica eletrossoldada; esse tipo de material, segundo a NBR 14859-3 (ABNT, 2017), deve ser utilizado para a construção de vigotas para lajes pré-fabricada.

Dentre as manifestações patológicas detectadas, foi constatado que as deficiências verificadas têm como causa o uso inadequado de treliças metálicas eletrossoldadas, que consistem em anomalias construtivas ou endógenas, em virtude de estarem associadas à problemas na execução ou projeto da edificação.

Foram identificados cinco tipos de manifestações patológicas: uma edificação com fissura, uma com trinca, três com rachaduras, quatro com vazios de concretagem e três com flambagem.

Seguindo a ordem de prioridade de acordo com as manifestações patológicas encontradas, foi atribuído grau de prioridade 1 às Edificações 2, 3, 4 e 5; grau 2 às Edificações 1, 8, 9, 10 e 11; e grau 3 às Edificações 6 e 7.

A utilização de treliça metálica eletrossoldada para fabricação de pilares contraria a NBR 6118 (ABNT, 2014), pois as treliças não possuem a quantidade mínima de barras exigidas na seção transversal em pilares retangulares (mín. 4 barras) e também em seções circulares (mín. 6 barras). Além disso, as barras longitudinais dos pilares, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), devem possuir ao menos 10 mm de diâmetro, e as treliças utilizadas, por sua vez, possuem banzos com diâmetros máximos de 6 mm de diâmetro.

A área de da seção transversal da treliça é igual a $0,951 \text{ cm}^2$, sendo que o valor exigido por norma (NBR 6118/2014) é de, no mínimo, $3,14 \text{ cm}^2$ para seções retangulares e $4,71 \text{ cm}^2$ para seções circulares.

A explicação sobre a utilização desse material por parte dos proprietários das edificações foi apenas o critério econômico, pois as treliças custam cerca de 28% do valor que seria gasto ao construir seguindo os parâmetros da norma. Contudo, a questão técnica sobre a utilização adequada desse tipo de treliça é importante, pois a técnica, o custo e a segurança são parâmetros preponderantes para a escolha dos

componentes de um elemento estrutural, a fim de garantir o conforto e a segurança do proprietário.

Por se tratar de esforços em estruturas de concreto armado, as edificações necessitam de estudos com ensaios para uma correta recuperação.

Por fim, conclui-se que as treliças metálicas eletrossoldadas não devem ser utilizadas na construção de pilares, e que as patologias identificadas estão diretamente ligadas à utilização inadequada desse material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, S. Trincas, fissuras e rachaduras: saiba como identificar e resolver o problema. Gazeta do Povo. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/trincas-fissuras-e-rachaduras-saiba-como-identificar-e-resolver-o-problema/>>. Acesso em: 01 de jul de 2022.

Aditivos para concreto: principais tipos e para que servem. Tecnosil, 2017. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/aditivos-para-concreto-principais-tipos-e-para-que-servem-2/>>. Acesso em: 13 de jun de 2022.

ALVES, E. F. Engenharia Diagnóstica: ferramentas, conceitos e normas. Inteligência urbana, 2021. Disponível em: <<https://www.inteligenciaurbana.org/2021/02/engenharia-diagnostica-ferramentas.html>>. Acesso em: 24 de jun de 2022.

ALVES, H. D.; MELO, C. E. L.; PAULA M. H. C; YUMI, N. T. MATRIZ DE CRITICIDADE EM ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADOS. COMPAT, 16., 2021. P. 967-978, 2021.

ANDRADE, T.; COSTA E SILVA, A. J. Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenções das estruturas. 2008. Artigo científico.

ANDRÉ, A. S.; VENDER, Karolina.; RODRIGO, A. M.; OLIVEIRA, G. F.; LUIZ, J. de A. J. Discutindo o conceito de fundações. In: COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 3., 2018, Mineiros. Anais... Goiás: PESQUISA UNIFIMES, 2018. p. 1-10.

ARCELORMITTAL. Manual técnico de lajes treliçadas da ArcelorMittal. Doczz, 2010. Disponível em: <<https://doczz.com.br/doc/81515/manual-t%C3%A9cnico-treli%C3%A7as---arcelormittal-a%C3%A7os-longos>>. Acesso em: 17 de jun de 2022.

ARQUITETURA, Aprenda. Componentes Estruturais #01 Pilar. 01 de jan de 2019. Facebook: Aprenda Arquitetura. Disponível em: <<https://www.facebook.com/aprenderarquitectura/>>. Acesso em: 09 de jun de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado — Especificação (NBR 7480/2007). Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados para concreto – Especificação (NBR 7211/2009). Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Execução de estruturas de concreto (NBR14931). Rio de Janeiro, 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Impermeabilização - Seleção e projeto (NBR 9575/2003). Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação (NBR 10520/2002). Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Inspeção Predial: Diretrizes, Conceitos, Terminologias e Procedimentos (NBR 16747/2020). Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 3: Armaduras treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas - Requisitos (ABNT NBR 14859-3/2017). Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (NBR 5674/2012). Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento (NBR 6118/14). Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projetos e Execução de Fundações (NBR 6122/2019). Rio de Janeiro, 2019.

BAUER, L A Falcão. Materiais de construção, V.1, Rio de Janeiro: LTC, 2001.

CAMARGO, R. F. Como fazer a Matriz GUT para a resolução de problemas? Conheça a Matriz de Prioridades, 2018. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/matriz-gut/>>. Acesso em: 25 de jun de 2022.

CAMPOS, Iberê. Areia para construção civil: como comprar e como usar. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Arquitetura (IBDA), 2013. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?Cod=44&a=31>>. Acesso em: 13 de jun de 2022.

Cidades e Estados. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/lavras-da-mangabeira.html>>. Acesso em: 23 de ago de 2022.

CUSTÓDIO V. M de S.; RIPPER T. Patologia, recuperação e reforço de estrutura de concreto. 1. ed. São Paulo: PINI, 2009.

Distrito de Amaniutuba. Geografos. Disponível em: <<https://www.geografos.com.br/distritos/distrito-amaniutuba.php>>. Acesso em: 23 de ago de 2022.

DOS SANTOS, T. R. ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS. 2019. Artigo científico (Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Federal Da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia Civil, Mato Grosso do Sul, 2019.

DOUGLAS, L. P. de S. Tipos de Pilares em concreto armado. Março de 2022. Notas de Aula.

ECONSULT. Matriz GUT: Como otimizar a resolução de problemas na sua empresa, 2019. Disponível em: <<https://econsult.org.br/blog/matriz-gut/>>. Acesso em: 25 de jun de 2022.

ENGENHARIA MAIS. Diferença entre Rachadura, Trincas e Fissuras. Engenharia mais 2020. Disponível em:

<<https://www.facebook.com/engenhamaais/posts/114960754>>. Acesso em: 05 de ago de 2022.

FABIANO, C. F.; AKEMI, C. S.; PAULA M. H. C; YUMI, N. T. O Caso das Manifestações Patológicas em Pilares de uma Edificação Pública. Conferência Nacional de patologias e Recuperação de Estruturas, 2., 2017. P. 11-19, 2017.

FELIPE, G. S. Patologias em Estruturas de Concreto Armado, Estudo de Caso. Artigo científico. Revista online - ESPECIALIZE, Vitória - ES, 2015.

FLAUSINO, D. TRINCAS, FISSURAS E RACHADURAS: IDENTIFICAÇÃO E CAUSAS. Reform, 2017. Disponível em: <<https://reformweb.com.br/blog/post/3/Trincas-Fissuras-e-Rachaduras%3A-Identifica%C3%A7%C3%A3o-e-Causas>>. Acesso em: 01 de jul de 2022.

FRAZÃO, Y. A. Fissura, Trinca, Rachadura ou Fenda?. SPOT, 2020. Disponível em: <<https://spotcursos.com.br/blogs/patologia-da-construcao/posts/fissura-trinca-rachadura-ou-fenda>>. Acesso em: 28 de jul de 2022.

GERDAU. Vergalhões Gerdau. Gerdau, 2020. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/produtos/vergalhao-gerdau>>. Acesso em: 10 de jun de 2022.

GOMES, Murielle. Fôrmas para concreto: características e execução. Canteiro de Engenharia, 2020. Disponível em: <<https://canteirodeengenharia.com.br/2020/10/14/formas-para-concreto-caracteristicas-e-execucao/#>>. Acesso em: 09 de jun de 2022.

GOMIDE, T. L. F. et al. Inspeção predial total. Oficina de Textos, 2020.

GOMIDE, T. L. F.; FAGUNDES NETO, J. C. P.; GULLO, Marco A. Norma Técnica para Engenharia Diagnóstica em Edificações. São Paulo: Pini, 2009.

GREENE, Simon. O Que É Flambagem Na Construção Civil E Como Evitar A Flambagem Em Pilares? Lajes Contim, 2021. Disponível em:

<<https://www.lajescontim.com.br/construc-a-o/o-que-e-flambagem-na-construcao-civil-e-como-evitar-a-flambagem-em-pilares.html>>. Acesso em: 10 de jun de 2022.

INSTITUTO DA ENGENHARIA. Diretrizes Técnicas de Engenharia Diagnóstica em Edificações. São Paulo: Leud, 2016.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Estrutura – Conceitos. Virtuhab, 2010. Disponível em: <<https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/estruturas-conceito/#>>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

LUIZ, Jorge. Saiba mais sobre os estribos e suas aplicações. Arcelor Mittal, 2022. Disponível em: <<https://blog.arcelormittal.com.br/estribos/#>>. Acesso em: 10 de jun de 2022.

MACHADO, Melicio. Saiba agora mesmo como fazer o acompanhamento de obra. Laredo Urbanizadora, 2019. Disponível em: <<https://blog.laredo.com.br/como-fazer-o-acompanhamento-de-obras/#>>. Acesso em: 10 de jul de 2022.

MAGNO, A. O. Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. 2012. Monografia (Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MARTINEZ, T. M. S; DARDENGO, G. M. S. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE FISSURAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES NO MUNÍCIPIO DE SERRA – ES. 2017. Artigo científico.

MAX. Areia para construção: veja os tipos e como usar cada uma delas. Obramax, 2021. Disponível em: <<https://www.obramax.com.br/blog-do-max/construcao-civil/tipos-areia>>. Acesso em: 13 de jun de 2022.

MILTON, J. A. Projeto Estrutural de Edifício de Concreto Armado. 2. ed. v. 1. Rio Grande: Dunas, 2009.

NAKAMURA. J. Argamassas estruturais e grautes permitem preencher vazios de concretagem. AECWEB, 2020. Disponível em:

<<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/argamassas-estruturais-e-grautes-permitem-preencher-vazios-de-concretagem/20509>>. Acesso em: 05 de ago de 2022.

OLIVEIRA, L. L. M.; FILHO, F. S. P.; MADEIRA, M. J. A.; ALMEIDA, E. M.; SOUSA M. V. Aplicação da Matriz GUT em uma microempresa de assistência técnica. In: Anais do XVIII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente – ENGEMA, São Paulo, Brasil. 12p., 2016.

PINHEIRO, I. Concreto: Os 8 Principais tipos na Construção Civil. Inova Civil, 2019. Disponível em: <<https://www.inovacivil.com.br/tipos-de-concreto/>>. Acesso em: 20 de jun de 2022.

QUEIROZ, J. M. Reação álcali-agregado em estruturas de concreto. 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ), João Pessoa, 2018.

RETONDO, Lucas. Cimento: saiba tudo que precisa aqui. Construindo casas, 2022. Disponível em: <<https://construindocasas.com.br/blog/materiais/cimento>>. Acesso em: 11 de jun de 2022.

ROBERTO. Pilares comprimidos. Concreto by watanabe, 2016. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/concreto/conc7a.htm>>. Acesso em: 05 de ago de 2022.

ROCHA, Carla. DIFERENÇAS ENTRE OS ELEMENTOS ESTRUTURAIIS: LAJE, PILAR E VIGA. Mapa da Obra, 22 de abr. de 2020. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/elementos-estruturais/#>>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

ROSSI, F. Aço utilizado na construção civil: CA/25, CA/60 e CA/50. Pedreirão, 2020. Disponível em: <<https://pedreirao.com.br/acos-construcao-civil-ca-50-ca-60/>>. Acesso em: 28 de jul de 2022.

SÁLES, J. J.; NETO MUNAIR, J.; MALITE, M.; DIAS, A. A. GONÇALVES, R. M. Sistemas Estruturais: teoria e exemplos. SET/EESC/USP, 2005.

SANTOS, C. F. Patologia de estruturas de concreto armado. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.

SCHULTZ, F. Matriz gut: o que é e como usar para resolver problemas? Saiba tudo sobre a matriz de priorização, 2019. Disponível em: <<https://blog.bomcontrole.com.br/matriz-gut/#>>. Acesso em: 25 de jun de 2022.

TAGLIANI, Simone. Pilares de concreto: saiba o que estes elementos significam para a Engenharia e Arquitetura. Engenharia 360, 2021. Disponível em: <<https://engenharia360.com/pilares-de-concreto-na-engenharia-e-arquitetura/#>>. Acesso em: 18 de maio de 2022.

TAKATA L. T. Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: Estudo de caso. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

Tipos de britas: conheça as diferenças. Mapa da obra, 2016. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/conheca-os-tipos-de-brita/#>>. Acesso em: 14 de jun de 2022.

TRINDADE, D. S. Patologia em estrutura de concreto armado. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.