



**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 INCOERÊNCIAS NORMATIVAS EM UMA
RESIDÊNCIA AUTOCONSTRUÍDA NO MUNICÍPIO DE POMBAL – PB.**

WANZLEY RAFAEL DE SOUSA WOLMER

POMBAL – PB

2023

WANZLEY RAFAEL DE SOUSA WOLMER

IDENTIFICAÇÃO DE INCOERÊNCIAS NORMATIVAS EM UMA
RESIDÊNCIA AUTOCONSTRUÍDA NO MUNICÍPIO DE POMBAL – PB.

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.

Orientadora: Profa. Dra. Elisângela Pereira
da Silva.

POMBAL – PB

2023

W865i Wolmer, Wanzley Rafael de Sousa.

Identificação de incoerências normativas em uma residência autoconstruída no município de Pombal – PB / Wanzley Rafael de Sousa Wolmer. - Pombal, 2023.
72 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

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

1. Construção civil. 2. Autoconstrução. 3. Patologia. 4. Erro executivo. 5. Edificação unifamiliar. I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 69.0 (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.

WANZLEY RAFAEL DE SOUSA WOLMER

**IDENTIFICAÇÃO DE INCOERÊNCIAS NORMATIVAS EM UMA RESIDÊNCIA
AUTOCONSTRUÍDA NO MUNICÍPIO DE POMBAL – PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente Wanzley Rafael de Sousa Wolmer **APROVADO** em 12 de julho de 2023 ano pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Elisângela Pereira da Silva

Prof^ª. Dr^ª. Elisângela Pereira da Silva
(Orientadora – UFCG)

Documento assinado digitalmente

gov.br

ERICA CRISTINE MEDEIROS MACHADO

Data: 13/07/2023 21:49:40-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Erica Cristine Medeiros Machado
(Membro Interno – UFCG)

Documento assinado digitalmente

gov.br

JOSE ANTONIO FERREIRA LIMA

Data: 14/07/2023 08:45:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Antonio Ferreira Lima
(Membro Externo – Engenheiro Civil)

RESUMO

O acompanhamento de profissionais habilitados e qualificados é essencial na construção civil para evitar patologias e garantir a segurança das edificações. No entanto, nas cidades menores, é comum a prática da autoconstrução, o que pode levar a um nível significativo de periculosidade e o surgimento acelerado de patologias. Nesse contexto, a identificação das incoerências normativas é fundamental. Para realizar esse estudo, foi acompanhada a execução de uma residência unifamiliar em Pombal - PB durante o período de quatro meses (outubro de 2022 a fevereiro de 2023). Foram registrados os erros executivos nas peças estruturais e alvenarias, além de identificadas possíveis causas de manifestações patológicas nas falhas construtivas. Também foram realizados ensaios de resistência à compressão do concreto e dos blocos cerâmicos. Os resultados mostraram que o concreto utilizado nas superestruturas não atendeu à resistência mínima exigida pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Além disso, houve falhas na execução das fundações, pilares, vigas e lajes, como dimensões inadequadas, aço de diâmetro menor que o requerido e falta de cumprimento de diversas normas relacionadas ao concreto armado. As alvenarias de vedação também apresentaram falhas executivas. Essas inconformidades indicam a existência de erros conceituais e executivos que podem levar ao surgimento de patologias. É importante ressaltar que tais manifestações tendem a se agravar ao longo do tempo e podem provocar o aparecimento de outras patologias associadas. Portanto, é imprescindível identificar essas manifestações o mais rápido possível para facilitar e reduzir os custos do processo de correção. A prática da autoconstrução, sem a observância das normas e o acompanhamento de profissionais adequados, portanto, pode ser responsável por diversas manifestações patológicas, comprometendo a segurança e o conforto dos usuários.

Palavras-chave: Autoconstrução. Patologia. Erro executivo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Definição de fundações superficial e profunda com base nas dimensões.	18
Figura 2 – Geometrias comumente utilizadas em fundações rasas do tipo bloco.	18
Figura 3 – Classificação dos pilares.	20
Figura 4 – Dimensões mínimas de um pilar.	20
Figura 5 – Quantidade mínima de barras para seções transversais de pilares.	21
Figura 6 – Utilização dos estribos em pilares.	22
Figura 7 – Viga flexionada.	23
Figura 8 – Elementos de uma laje treliçada.	24
Figura 9 – Dimensionamento de treliça espacial.	25
Figura 10 – Modelo de vigota treliçada com armadura suplementar.	26
Figura 11 – Modelos de lajota cerâmica.	26
Figura 12 – Bloco cerâmico com furos horizontais.	31
Figura 13 – Moldagem dos corpos de prova.	37
Figura 14 – Prensa hidráulica utilizada no ensaio de resistência à compressão do concreto.	38
Figura 15 – Prensa hidráulica utilizada no ensaio de resistência à compressão dos blocos.	38
Figura 16 – (a) e (b) Execução da fundação.	42
Figura 17 – Ausência de impermeabilização da fundação.	42
Figura 18 – (a) e (b) Seções transversais adotadas em um dos pilares dos muros.	44
Figura 19 – (a) Composição da armação dos pilares internos, (b) Composição da armação dos pilares externos.	45
Figura 20 – (a) e (b) Geometria dos pilares.	47
Figura 21 – (a) e (b) Vazios de concretagem.	48
Figura 22 – (a) e (b) Cobrimento de pilares do nível da fundação.	49
Figura 23 – Tempo de retirada de fôrmas.	50
Figura 24 – (a) e (b) Concretagem parcial de pilares.	50
Figura 25 – (a), (b) e (c) Juntas de concretagem.	51
Figura 26 – Uso de alvenaria como escora.	52
Figura 27 – Segregação de agregado graúdo.	53

Figura 28 – Cobrimento mínimo não atendido.	53
Figura 29 – (a) e (b) Fôrmas laterais.	54
Figura 30 – (a) e (b) Escoramento de vigas.	55
Figura 31 – (a) e (b) Ausência de contra-verga.	57
Figura 32 – (a) e (b) Transpasse de vergas.	57
Figura 33 – Menor dimensão da seção transversal padronizada nos pilares internos.	70
Figura 34 – Padronização dos pilares externos com treliça eletrossoldada.	70
Figura 35 – Concretagem parcial dos pilares internos.	71
Figura 36 – Pilar do nível da fundação com armação exposta.	71
Figura 37 – Pilar e viga do nível da cobertura com armação exposta.	72
Figura 38 – Formas laterais de uma verga retiradas com duas horas de permanência.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e a qualidade do concreto.	16
Tabela 2 – Classificação do aço quanto ao seu f_{yk}	16
Tabela 3 – Área e quantidade mínimas de armadura de distribuição.	25
Tabela 4 – Dimensões mínimas dos elementos.	27
Tabela 5 – Traço adotado para o concreto estrutural.	37
Tabela 6 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto.	40
Tabela 7 – Dimensões dos pilares internos.	43
Tabela 8 – Dimensões das armações dos pilares.	45
Tabela 9 – Resultados do ensaio de resistência à compressão da área bruta dos blocos de vedação.	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classe de agressividade ambiental (CAA).	15
Quadro 2 – Relação entre a CAA e o cobrimento mínimo.	28
Quadro 3 – Critérios mínimos para os blocos cerâmicos de vedação.....	32
Quadro 4 – Origem da patologia x responsável pela falha.....	34

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Siglas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- CA – Concreto Armado;
- Cm – Centímetro;
- Mm – Milímetro;
- MPa – Mega pascal;
- NBR – Norma Brasileira;
- PB – Paraíba.

Símbolos

- Símbolo \varnothing - Diâmetro;
- Símbolo π - Pi;
- Símbolo % - Porcentagem.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	Justificativa	13
1.2.	Objetivos.....	14
1.2.1.	<i>Objetivo Geral</i>	14
1.2.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1.	Concreto armado	15
2.2.	Sistemas construtivos.....	17
2.3.	Fundações	17
2.3.1.	<i>Fundação rasa do tipo bloco</i>	18
2.4.	Pilares	19
2.5.	Vigas	22
2.6.	Lajes.....	23
2.6.1.	<i>Laje pré-fabricada com treliça eletrossoldada</i>	24
2.7.	Execução de estruturas de concreto armado	27
2.7.1.	<i>Fôrmas e escoras</i>	27
2.7.1.1.	Cobrimento	27
2.7.2.	<i>Concretagem</i>	28
2.7.2.1.	Lançamento e adensamento.....	29
2.7.2.2.	Juntas de concretagem.....	29
2.7.2.3.	Cura	30
2.8.	Alvenaria de vedação	30
2.8.1.	<i>Execução</i>	32
2.9.	Inspeção predial.....	33
2.10.	Manifestações patológicas	34
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1.	Caracterização da residência.....	36
3.2.	Materiais	36
3.3.	Métodos	36
3.3.1.	<i>Ensaio de resistência à compressão do concreto estrutural</i>	37
3.3.2.	<i>Ensaio de resistência à compressão dos blocos cerâmicos</i>	38
3.3.3.	<i>Constatação de dimensionamento</i>	39

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1.	Concreto	40
4.2.	Fundação	41
4.3.	Pilares	43
4.3.1.	<i>Concepção estrutural</i>	43
4.3.2.	<i>Execução</i>	46
4.4.	Vigas	51
4.5.	Lajes	55
4.6.	Alvenaria de vedação	56
5.	CONCLUSÕES.....	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

O acompanhamento de profissionais habilitados e qualificados é de suma importância dentro da construção civil. Santos (2020) define que estes são responsáveis por enquadrar cada projeto dentro das normas específicas com o objetivo de evitar patologias, garantir a segurança nas edificações e obter um bom resultado no final da obra.

Apesar disso, nas cidades menores a prática da autoconstrução é muito comum. Segundo Viana (2021), a autoconstrução habitacional utiliza os próprios moradores como agentes do processo de planejamento, gestão e execução das suas casas. Nos dias atuais, há também a contratação de pedreiros avulsos e de algum tipo de apoio de mão de obra especializada (MOURA et al., 2020).

Por esse motivo, é possível esperar significativo nível de periculosidade devido a prováveis acidentes que possam ocorrer durante o uso da edificação, destacam (FABRIS; TRZCINSK, 2019). Ademais, como aborda Bezerra (2022), a vida útil de uma edificação depende diametralmente da forma que ela foi executada. Além disso, a economia e segurança obtidas através da elaboração dos projetos também são consideráveis.

Destarte, a atuação de profissionais adequados é imprescindível para assegurar o desempenho adequado da edificação, a soma de descumprimentos normativos quanto a concepção e execução, pode ocasionar o aparecimento acelerado de patologias, que influencia diretamente na vida útil da estrutura.

1.1. Justificativa

A execução dentro da construção civil, é uma das partes primordiais para a duração e o desempenho esperados da edificação. Todavia, o que se observa em construções de baixo padrão ou cidades do interior, é que além dessa fase ter o seu controle de qualidade delegado a profissionais inadequados, ainda é comum a inexistência de projetos, sejam estruturais ou complementares. Em conformidade com Martins e Oscar (2022), a má distribuição de renda e o déficit habitacional são os principais fatores para o crescimento dessa prática.

De acordo com o CAU/BR (2015), 85% da população entrevistada relatou construir e reformar de forma irregular, em outras palavras, sem qualquer acompanhamento técnico, seja de engenheiro ou arquiteto. Além disso, conforme a ANAMACO (2008), 77% das famílias explicitam a demanda por reforma ou construção, onde 40% destas, desejam executar a própria obra e 36% optam por empregar pedreiros, nos dois casos sem a contratação de um profissional de arquitetura ou engenharia.

O dimensionamento estrutural adequado garante a estabilidade e durabilidade da habitação, entretanto, se tratando de uma autoconstrução, via de regra, ele não é realizado. Dessa forma, o proprietário ou terceiros, fazem o uso do conhecimento empírico para arbitrariamente escolher quais materiais utilizarem nas estruturas, provocando assimetrias relacionadas aos critérios mínimos taxados pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Conseqüentemente, tem-se o aparecimento precoce de patologias e a diminuição da vida útil das edificações (RODRIGUES, 2019).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Identificar as incoerências normativas observadas numa edificação unifamiliar na cidade de Pombal – PB.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar, através de acompanhamento e registro contínuo, a forma construtiva dos elementos estruturais e de vedação da residência;
- Confrontar a forma construtiva encontrada com as exigências das normas técnicas e boas práticas da construção civil abordadas na literatura;
- Diagnosticar possíveis patologias provenientes desse método construtivo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O avanço tecnológico dentro da construção civil possibilita o desenvolvimento e aprimoramento de diversos métodos construtivos. Na construção de residências de menor porte há predominância de concreto armado e alvenaria de vedação em tijolos cerâmicos.

2.1. Concreto armado

O concreto armado é uma associação solidária entre o concreto e o aço. Através da aderência provocada pela ligação, eles trabalham e deformam em conjunto, tornando a peça mais resistente tanto à compressão (função principal do concreto) quanto à tração (função principal do aço) (BOTELHO; MARCHETTI, 2018).

Botelho e Marchetti (2018) definem concreto como sendo a junção de pedras, areia, cimento, água e aditivos químicos. Com o avanço da complexidade das estruturas, houve também a necessidade de se ter um controle de qualidade maior sobre a produção do concreto. Vários são os métodos disponíveis no mercado para confecção do mesmo, Retondo (2021) destaca alguns: concreto usinado convencional, concreto bombeável, concreto de alto desempenho, concreto de alta resistência inicial, concreto auto adensável e etc.

Em conformidade com Isaia (2011), nos canteiros, o concreto pode ser preparado através do emprego de betoneiras estacionárias, com seu volume sendo medido em relação a um saco de cimento a cada operação. A NBR 6118 (ABNT, 2014) classifica o concreto para fins estruturais de acordo com a classe de agressividade ambiental em que a estrutura está inserida (Quadro 1).

Quadro 1 – Classe de agressividade ambiental (CAA).

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

Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014).

Na Tabela 1 é possível identificar a relação entre a classe e qualidade do concreto e a classe de agressividade ambiental obtida a partir do Quadro 1. A NBR 8953 (ABNT, 2015) categoriza o concreto estrutural em função da sua resistência à compressão (f_{ck}), onde o valor que segue a letra C na nomenclatura do mesmo, identifica seu f_{ck} .

Tabela 1 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e a qualidade do concreto.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	Concreto armado	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953, 2015)	Concreto armado	≥ 20	≥ 25	≥ 30	≥ 40

Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014).

O aço utilizado no concreto armado é classificado principalmente pela sua resistência característica ao escoamento (f_{yk}), conforme a Tabela 2. A NBR 7480 (ABNT, 2022) corrobora que tanto as barras quanto os fios de aço devem apresentar homogeneidade com relação as suas características geométricas determinadas de acordo com sua categorização.

Tabela 2 – Classificação do aço quanto ao seu f_{yk} .

Categoria	Resistência característica de escoamento (MPa)
CA-25	250
CA-50	500
CA-60	600

Fonte: Adaptado da NBR 7480 (ABNT, 2022).

Segundo a NBR 7480 (ABNT, 2022), o aço CA-25 obrigatoriamente apresenta uma superfície lisa enquanto o CA-50 é provido de nervuras transversais que geram mais aderência entre a armadura e o concreto, com relação ao CA-60 a obrigatoriedade de entalhes ou nervuras acontece apenas em fios cujo o diâmetro é superior a 10 mm. Conforme Rossi (2020), o aço CA-25 é pouco utilizado na construção civil, onde a combinação entre os aços CA-50 e CA-60 é comumente

adotada, com as barras longitudinais dos elementos estruturais sendo compostas por CA-50 e os estribos (armaduras transversais), CA-60.

2.2. Sistemas construtivos

Uma edificação pode ser dividida em três fases: fase inicial, constituída de movimento de terra e fundações; fase intermediária, que corresponde às execuções das superestruturas e alvenarias; e fase final, composta pelos processos de acabamentos e instalações elétricas e hidrossanitárias.

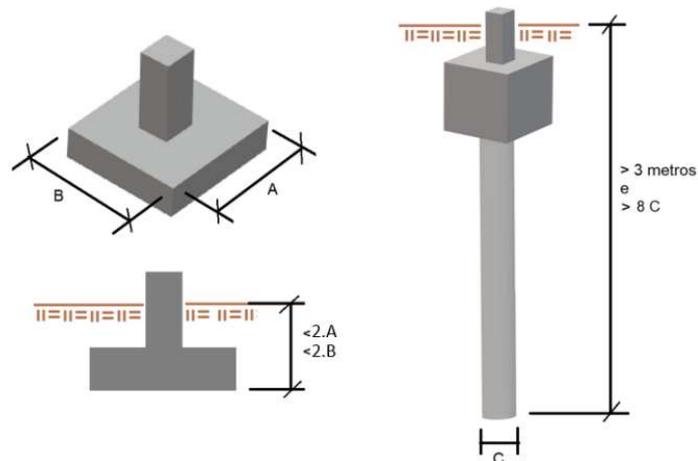
2.3. Fundações

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), as fundações são responsáveis por conduzir as cargas da superestrutura ao solo. Como aborda Silva (2022), elas são imprescindíveis para a estabilidade da edificação, pois são encarregadas a fornecer a base necessária para que a construção se mantenha sólida e durável.

A NBR 6122 (ABNT, 2019) determina que em toda edificação deve ser feita uma análise geotécnica preliminar, composta por no mínimo uma sondagem à percussão com SPT (Standart Penetration Test). Castro e Parrilha (2020) afirmam que conhecer as condições do subsolo é fundamental para o projeto e a execução das fundações, e destacam que quando as análises preliminares são executadas de maneira equivocada ou nem são realizadas, podem significar graves problemas ao andamento da obra.

Conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019), as fundações são categorizadas em: fundações rasas e fundações profundas, definição apresentada na Figura 1. Na primeira categoria entram as fundações que têm as suas bases firmadas em profundidade inferior a duas vezes a sua menor dimensão, via de regra elas são produzidas manualmente com a altura variando entre 1 e 3 metros. A segunda categorização engloba as fundações que possuem as suas bases apoiadas em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão e no mínimo de 3 metros. Elas podem transmitir esforços ao terreno tanto pela base (resistência de ponta) quanto pela superfície lateral (resistência de fuste), ou ainda pela combinação das duas.

Figura 1 – Definição de fundações superficial e profunda com base nas dimensões.

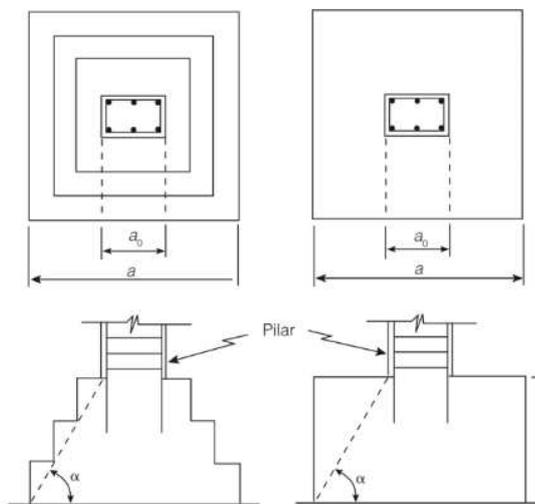


Fonte: Lara (2020).

2.3.1. Fundação rasa do tipo bloco

Yazigi (2009) define o bloco como sendo um elemento de fundação rasa de concreto não armado, dessa forma ele é dimensionado de modo que as tensões de tração sejam resistidas pelo próprio concreto, devido as dimensões do bloco. As suas faces podem ser verticais, inclinadas ou escalonadas e sua seção pode ser quadrada, retangular, triangular ou poligonal. Na Figura 2 é possível observar os modelos mais adotados.

Figura 2 – Geometrias comumente utilizadas em fundações rasas do tipo bloco.



Fonte: Adaptado de Alonso (2019, 3ª ed. cap. 01).

Para Pereira (2019), esse tipo de fundação é indicado para obras de pequena magnitude que forem assentadas em solos com uma capacidade adequada de suporte. A sua concretagem pode ser realizada com concreto usinado, simples ou ciclópico. O autor ressalta ainda que por se tratar de elementos que transmitem as cargas de maneira pontual, é necessário evitar excentricidades executivas.

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), esses blocos não podem ser modelados com dimensão inferior a 60 cm e precisam ser dimensionados através de cálculo estrutural e geométrico, a fim de atender os esforços solicitantes. Além disso, conforme Yazigi (2009), a base de uma fundação tem de ser executada a uma profundidade que assegure que o solo em que ela está apoiada, não sofra pelos agentes atmosféricos e fluxos de água. Ele ainda ressalta que ao assentar fundações nas divisas de terrenos, a profundidade mínima deve ser de 1,5 m, com exceção de quando for assentada sobre rocha.

A NBR 6122 (ABNT, 2019) destaca ainda que se o bloco não for apoiado sobre rocha, é preciso concretar uma camada de lastro que confira toda a extensão do mesmo. O lastro pode ser realizado a partir de concreto simples com espessura de pelo menos 5 cm, sua função principal é a de proteger a fundação da umidade do solo.

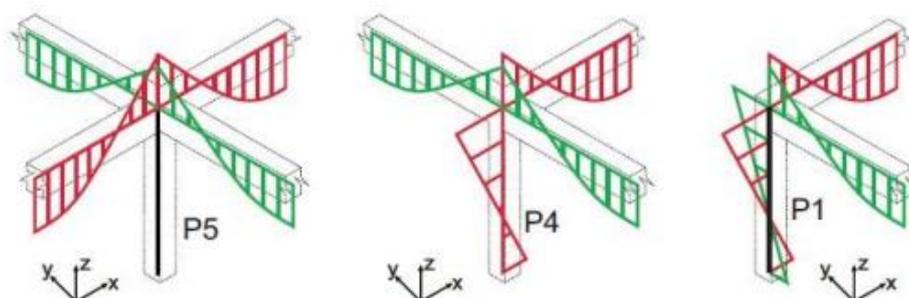
2.4. Pilares

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) pilar é um elemento estrutural disposto verticalmente e de forma linear, que resiste especialmente aos esforços de compressão e é responsável por suportar e transmitir as cargas das lajes e vigas para a fundação. Em conformidade com Bezerra (2022), os pilares de concreto armado são elementos estruturais formados a partir da junção de barras longitudinais (vergalhões), barras transversais (estribos) e concreto (cimento, agregados graúdo e miúdo e água).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) classifica os pilares como: pilar interno ou de centro, pilar de borda e pilar de canto, exemplificados na Figura 3. Essa distinção se baseia na continuidade das vigas que confluem no pilar. Com relação ao pilar central (P5), é possível identificar a continuidade de ambas as vigas e de seus momentos fletores, fazendo com que o pilar não se submeta aos mesmos. Para o pilar de borda (P4) a continuidade da viga se dá somente em um sentido, delegando ao pilar o equilíbrio do

nó da ligação. No caso do pilar de canto (P1) não há a continuidade das vigas, portanto o pilar será submetido aos momentos fletores em ambas as direções (SILVA, 2018).

Figura 3 – Classificação dos pilares.

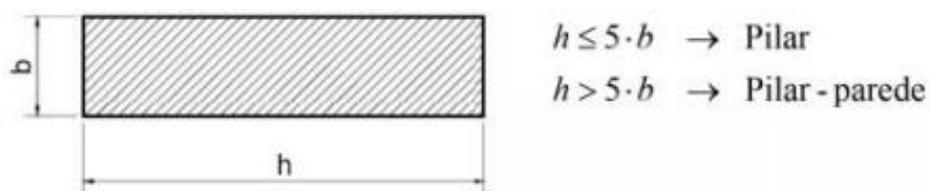


Fonte: Adaptado de Silva (2018, p. 34).

Silva (2018) conclui que é dos pilares a maior responsabilidade do sistema estrutural, dessa forma, caso estes venham à ruína é improvável que os esforços sejam redistribuídos, ocasionando a ruptura geral da estrutura.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o tamanho da maior dimensão de um pilar tem de ser menor ou igual a cinco vezes o da sua menor dimensão, caso contrário este será tratado como pilar-parede (Figura 4). Ademais, a menor seção transversal de um pilar é de 19 cm, todavia, em casos especiais esta pode ser reduzida à 14 cm, mas com os esforços solicitantes sendo majorados por um coeficiente adicional, abordado na página 73 da referida norma. Porém, em qualquer caso, é de 360 cm² a área mínima da seção transversal.

Figura 4 – Dimensões mínimas de um pilar.



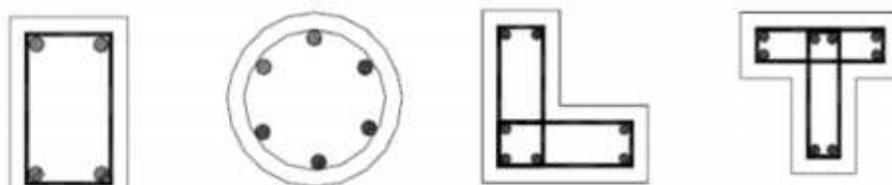
Fonte: Rodrigues (2017).

Como citado anteriormente, o pilar faz uso de barras longitudinais na sua constituição. Para Pinheiro, Muzardo e Santos (2004), estas têm a função de resistir à compressão através da diminuição da seção do pilar e das tensões de tração, além de minorar os efeitos da retração e fluência.

Através da NBR 6118 (ABNT, 2014) é possível obter os valores mínimos e máximos das armações longitudinais dos pilares. A área mínima da armadura longitudinal deve ser de 0,4% da área da seção transversal do pilar, a máxima por sua vez, de 8% da mesma área. O diâmetro das barras transversais também é limitado pela norma, ele deve ser de no mínimo 10 mm e não pode ser maior que 12,5% da menor dimensão da seção transversal do pilar.

A quantidade mínima de barras também é definida na Figura 5, para seções retangulares deve-se ter no mínimo uma barra em cada canto do polígono. Para seções circulares o mínimo é de seis barras distribuídas no decurso das suas circunferências (RODRIGUES, 2017).

Figura 5 – Quantidade mínima de barras para seções transversais de pilares.

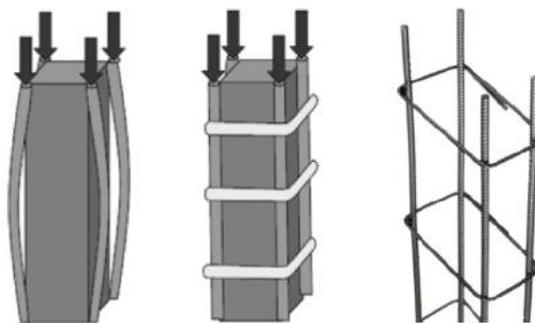


Fonte: Rodrigues (2017).

Além disso, como disposto na NBR 6118 (ABNT, 2014), há espaçamentos mínimos e máximos entre as armações longitudinais. O espaçamento mínimo deve ser igual ou superior ao maior dos valores a seguir: 20 mm, diâmetro da barra da armadura longitudinal ou 1,2 vezes o maior diâmetro do agregado graúdo. Relativo ao espaçamento máximo, afere-se que ele deve ser de no máximo 2 vezes a menor seção transversal do pilar ou 400 mm.

Na concepção dos pilares, como abordado anteriormente, há também o uso de barras transversais (Figura 6), conhecidas como estribos, elas têm variadas funções. Para Rodrigues (2017), os estribos asseguram o posicionamento das armaduras longitudinais e impedem que as mesmas passem pelo processo de flambagem, ademais, garantem as emendas das barras longitudinais e amarram o concreto de maneira a produzir um elemento mais resistente.

Figura 6 – Utilização dos estribos em pilares.



Fonte: Douglas (2022).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) determina critérios mínimos e máximos a serem respeitados nos dimensionamentos e posicionamentos dos estribos. O item 18.4.3. aborda que o diâmetro dos estribos não pode ser menor que 5 mm nem 25% do diâmetro da barra longitudinal. A norma apresenta também o espaçamento longitudinal máximo entre os estribos, este precisa ser igual ou inferior ao menor dos seguintes valores: 200 mm, menor dimensão do pilar ou 24 vezes o diâmetro da barra longitudinal para aço CA-25 e 12 vezes o diâmetro da barra para CA-50.

2.5. Vigas

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define vigas como sendo elementos lineares que resistem principalmente à flexão simples ou composta. Conforme Bressan (2022), elas são responsáveis por transmitir o carregamento advindo das lajes, paredes, vigas intermediárias e do peso próprio, para os pilares.

A flexão simples (Figura 7) ocorre quando a seção transversal da viga está sujeita a tensões de tração e compressão em virtude da ação de forças cortantes e de momentos fletores. Nos casos onde há o acréscimo de forças normais, a viga passa pelo processo de flexão composta, que se deriva em duas situações: flexo-tração e flexo-compressão, como os nomes sugerem, se diferenciam pela característica da força normal adicionada, se é de tração ou compressão (ADORNA et al., 2021).

Figura 7 – Viga flexionada.



Fonte: Nishikawa (2017).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o espaçamento horizontal entre as barras longitudinais deve ser igual ou superior ao maior dos valores a seguir: 20 mm, diâmetro da barra, do feixe ou da luva e 1,2 vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo. Com relação ao espaçamento vertical, os valores descritos anteriormente também devem ser atendidos, com a única alteração de ser 0,5 vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo.

Além das armaduras longitudinais de combate a flexão, as vigas ainda devem conter armações transversais mínimas compostas por estribos. A NBR 6118 (ABNT, 2014) prevê o uso dos estribos nas vigas para resistir os esforços cortantes e ressalta que o diâmetro da barra que concebe o estribo não pode ser menor que 5,0 mm. Com relação ao espaçamento dos mesmos, a norma determina que no mínimo ele deve permitir a passagem do vibrador e o seu maior valor depende da força cortante pela qual a viga está submetida.

2.6. Lajes

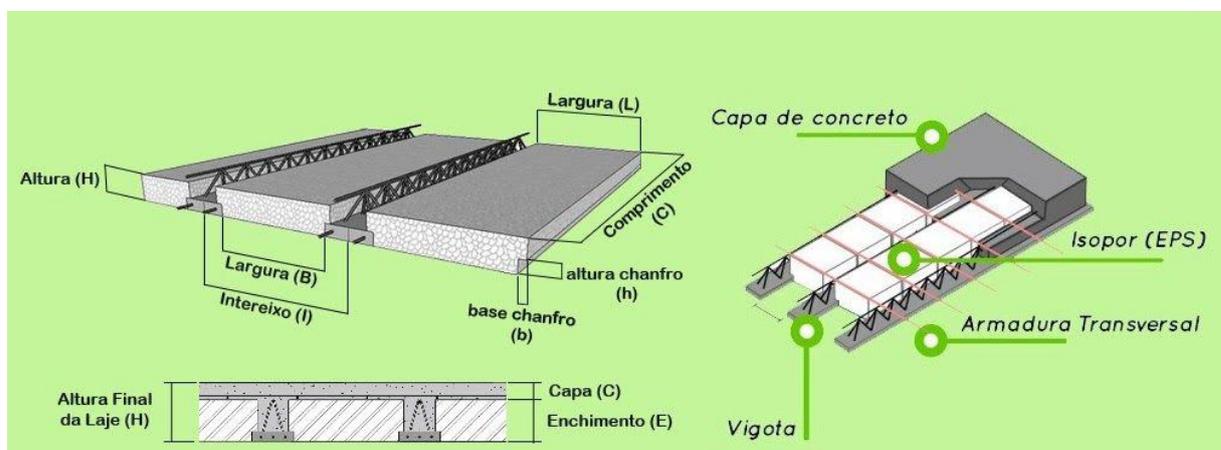
As lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, onde o comprimento e a largura são de ordem de grandeza semelhantes e muito superiores a terceira dimensão, espessura (PAULA, 2019). Cid e Carvalho (2020) concluem que nelas, as cargas normais ao plano são as que geralmente produzem os momentos fletores, esforços cortantes e deslocamentos na placa.

Vários são os métodos construtivos aplicados na criação das lajes. A NBR 6118 (ABNT, 2014) destaca que elas podem ser maciças, pré-fabricadas, nervuradas, protendidas e alveolares.

2.6.1. Laje pré-fabricada com treliça eletrossoldada

A NBR 14859 (ABNT, 2016) define que as lajes treliçadas são formadas por três componentes principais: as vigotas, os elementos de enchimento e as armaduras eletrossoldadas. Além destes, se faz necessária uma capa de concreto executada no local. O uso da armadura de distribuição com o intuito de inibir as fissuras por retração do concreto também é recomendado. Na Figura 8 são apresentados os itens constituintes de uma laje treliçada.

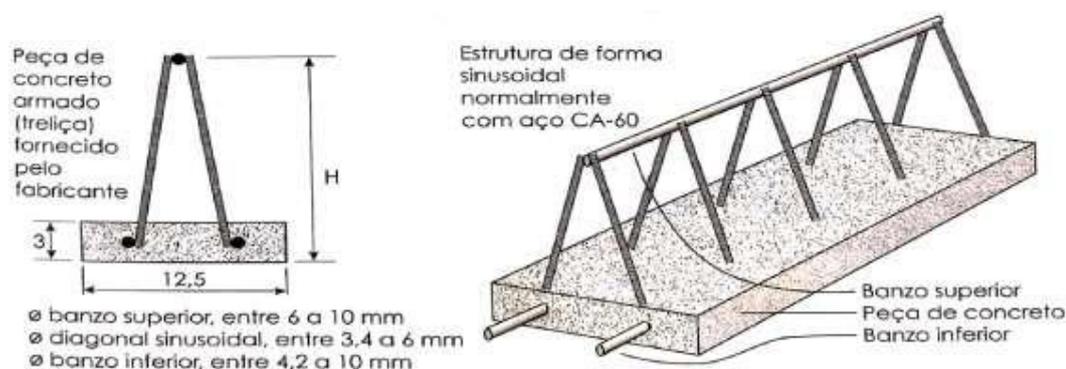
Figura 8 – Elementos de uma laje treliçada.



Fonte: Grupo Presence (2017).

A NBR 14859-3 (ABNT, 2017) é taxativa quanto ao tipo de aço utilizado na fabricação das armaduras treliçadas, ele deve fazer parte das categorias CA-50 ou CA-60. A referida norma também restringe o diâmetro da barra de aço do banzo superior e as medidas da armadura, restrições resumidas e apresentadas na Figura 9.

Figura 9 – Dimensionamento de treliça espacial.



Fonte: Botelho e Marchetti (2015, p. 101).

O uso da armadura de distribuição se faz necessário nesse tipo de laje. A NBR 14860 (ABNT, 2002) destaca que ela fica disposta sobre o banzo superior das treliças e deve possuir uma seção igual ou superior a $0,6 \text{ cm}^2/\text{m}$ para os aços CA-50 e CA-60, e $0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ para aços CA-25. Essa armadura tem como objetivos repartir os esforços sobre a laje e prevenir a aparição de fissuras e trincas na capa de concreto (LEITE, 2022). A ArcelorMittal (2010) publicou em seu manual técnico de laje treliçada, as quantidades de barras necessárias para cada tipo de aço, identificadas na Tabela 3.

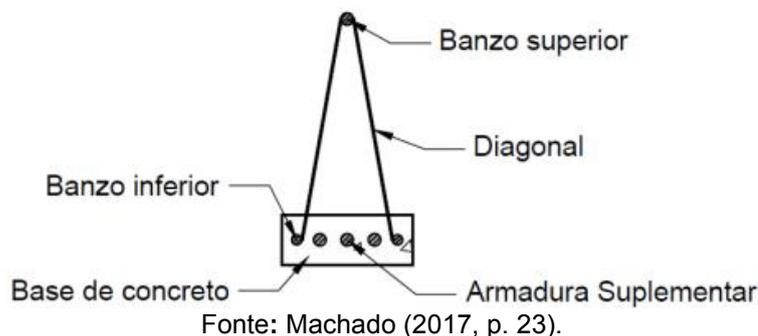
Tabela 3 – Área e quantidade mínimas de armadura de distribuição.

Aço	Área mínima	Nº de barras/m	
		Φ 5,0 mm	Φ 6,3 mm
CA-25	$0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$	5	3
CA-50, CA-60	$0,6 \text{ cm}^2/\text{m}$	3	3
Tela soldada	$0,61 \text{ cm}^2/\text{m}$	Q61	

Fonte: Adaptado do Manual Técnico de Laje Treliçada. ArcelorMittal (2010, p. 16).

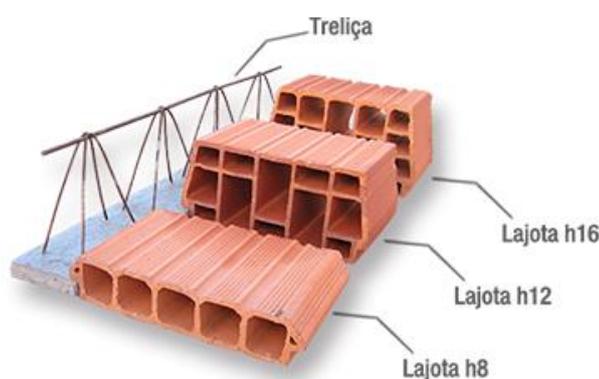
A vigota treliçada ainda possibilita a implantação de armadura suplementar durante a sua fabricação, esse reforço pode ser obtido através do posicionamento de barras de aço adicionais entre as barras do banzo inferior da vigota, processo destacado na Figura 10. Ademais, esse sistema permite que nervuras transversais ou perpendiculares sejam executadas, para Leite (2022) a execução dessas nervuras é adequada quando houver na laje, cargas concentradas ou balanços.

Figura 10 – Modelo de vigota treliçada com armadura suplementar.



Segundo a NBR 14859-2 (ABNT, 2016) são chamados de elementos de enchimento os materiais usados para o preenchimento dos vazios (região tracionada em que se pode dispensar o concreto) entre as vigotas. Os mesmos podem ser de poliestireno expandido (EPS) e lajota cerâmica (Figura 11), sendo este o elemento mais difundido na construção civil em pequenas cidades.

Figura 11 – Modelos de lajota cerâmica.



As dimensões de lajotas mais comuns no mercado podem ser observadas na Figura 11, entretanto, a altura das mesmas varia com a necessidade estrutural. Carvalho e Filho (2017) determinam na Tabela 4 os valores mínimos dos elementos de enchimento em relação às alturas das lajes.

Tabela 4 – Dimensões mínimas dos elementos.

Altura total da laje (cm)	10	11	12	13	14	16	17	20
Altura do elemento de enchimento (cm)	7	7-8	7-8	8	10	12	12	16
Espessura mínima da capa resistente (cm)	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: Adaptado de Carvalho e Filho (2017, p. 98 e 99).

O processo de concretagem da capa de concreto é o último a ser realizado nesse tipo de laje. Machado (2017) descreve que a finalidade dessa camada é a de assegurar a distribuição dos esforços sobre os elementos e resistir, sobretudo, aos momentos fletores positivos, porque a concretagem de uma mesa superior amplia a área de concreto. Conforme a NBR 14859 (ABNT, 2016), o concreto que compõe as vigotas pré-fabricadas e a capa, deve atender no mínimo a classe C20.

2.7. Execução de estruturas de concreto armado

Tomando a NBR 14931 (ABNT, 2004) como base, é possível condensar os requisitos gerais quanto as atividades essenciais na execução dos elementos estruturais de concreto armado.

2.7.1. Fôrmas e escoras

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), o formato e as dimensões das peças de concreto são obtidos através do emprego de fôrmas, que precisam ser suficientemente presas para além de garantirem a forma e posição durante toda sua utilização, não permitirem a perda de pasta de cimento. O escoramento deve ser dimensionado de modo a não ocasionar esforços ou deformações prejudiciais ao formato do elemento estrutural.

2.7.1.1. Cobrimento

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), os elementos de concreto armado devem ser dimensionados e construídos de modo a se manterem estáveis e seguros durante

toda a vida útil. Dessa maneira, a estrutura precisa resistir às ações do ambiente em qual está inserida.

A partir do Quadro 2 é possível obter o cobrimento mínimo dos elementos estruturais. Para Carvalho (2019), cobrimento é a camada de concreto que fica entre a face da peça e a armação mais próxima, o seu atendimento, em conjunto com uma compactação adequada do concreto, protege a armadura das ações ambientais, como a corrosão.

Quadro 2 – Relação entre a CAA e o cobrimento mínimo.

Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
	I	II	III	IV
	Cobrimento nominal (mm)			
Laje	20	25	35	45
Viga/pilar	25	30	40	50
Elementos estruturais em contato com o solo	30	30	40	50

Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), a desforma só deve ser iniciada quando o concreto atingir a resistência e o módulo de elasticidade especificados em projeto. Caso as especificações inexistirem, e a critério de fiscalização, é possível, para concreto comum, adotar as seguintes indicações:

- retirada das laterais das formas: 3 dias;
- retirada da parte inferior das formas, mantendo as escoras principais espaçadas: 14 dias;
- retirada total das formas e escoras: 21 dias.

2.7.2. Concretagem

A NBR 14931 (ABNT, 2004) ressalta que cada elemento estrutural deve ser concretado de acordo com um plano previamente estabelecido, que certifique o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias à estrutura. A capacidade de lançamento deve permitir que o concreto se mantenha plástico e livre de juntas não previstas durante a concretagem.

2.7.2.1. Lançamento e adensamento

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), para que o lançamento do concreto seja realizado de maneira adequada é preciso assegurar que toda a armadura e os acessórios embutidos apresentados no projeto, sejam apropriadamente envoltos por ele. Para que a homogeneidade do concreto seja mantida, é importante utilizar dispositivos (funis, calhas) que o conduzam, como também adequar o teor de argamassa e a consistência do concreto às características da concretagem.

A referida norma destaca ainda que durante e imediatamente após o lançamento, o concreto precisa ser vibrado ou adensado manualmente. O processo deve ser cuidadoso de modo a garantir o preenchimento completo das fôrmas. No adensamento manual, as camadas de concreto a serem apiloadas não devem ultrapassar 20 cm. Com relação a espessura das camadas a serem adensadas por meio de vibradores de imersão, tem-se que ela deve ser aproximadamente igual a 75% do comprimento da agulha. Em todos os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada tem de ser menor que 50 cm.

2.7.2.2. Juntas de concretagem

Conforme a NBR 14931 (ABNT, 2004), a operação de concretagem deve ser ininterrupta, dessa forma, assim que o processo de lançamento for iniciado, não sofra descontinuidade, até que todo o volume presente no plano de concretagem seja atingido. Caso essa condição não seja atendida, e, assim, provocar uma junta de concretagem não prevista, algumas precauções devem ser tomadas para garantir a ligação entre o concreto endurecido e o que ainda vai ser lançado.

A NBR 14931 (ABNT, 2004) realça que antes de reiniciar o lançamento do concreto, é preciso que a nata da pasta de cimento (vitrificada) seja removida e após, a superfície da junta seja limpa. Esse processo pode ser realizado com a aplicação de jato de água sob forte pressão logo após o fim de pega ("corte verde"). Outra forma de se obter a aderência desejada nas juntas, é a de apicoar a superfície, de maneira a deixar aparente o agregado graúdo do concreto endurecido, com posterior lavagem.

É preciso ressaltar ainda que as juntas de concretagem, sempre que possível, precisam ser previstas no projeto estrutural e estar posicionadas onde forem menores

os esforços de cisalhamento, preferencialmente em posição normal aos de compressão.

2.7.2.3. Cura

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), as peças estruturais de superfície devem ser curadas até que atinjam uma resistência característica à compressão igual ou maior que 15 MPa. Vários são os métodos de cura e todos se baseiam em manter o concreto hidratado com o objetivo de minimizar os efeitos da evaporação prematura da água.

Para Yazigi (2009) a cura úmida deve ser iniciada assim que a superfície permita (apresente secagem ao tato), além da molhagem direta, o autor destaca que retentores de água como sacos de estopa, areia ou serragem saturados também podem ser utilizados. A aspersão de água deve ser feita por um período de no mínimo 3 dias consecutivos, nesse tempo as superfícies das peças devem se manter sempre úmidas.

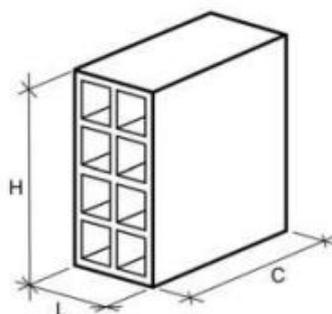
2.8. Alvenaria de vedação

A alvenaria pode ser definida como todo conjunto de paredes, muros e obras semelhantes, formado a partir de pedras naturais e/ou blocos ou tijolos artificiais, unidos ou não por argamassa (YAZIGI, 2009). As paredes podem desempenhar funções estruturais ou somente de vedação (SABBATINI, 2002). Em conformidade com Moliterno (1995), as que dispõem de função estrutural são nominadas de alvenaria estrutural ou resistente e, as que não têm essa finalidade, são chamadas de alvenaria de vedação ou não resistente.

De acordo com Lordsleem (2000), as vedações verticais além de servirem como compartimentação e proteção dos ambientes, podem ser utilizadas para suportar e proteger as instalações e os equipamentos de utilização da edificação. Para Salgado (2009), os blocos que compõem esse sistema podem ser cerâmicos ou de concreto. Nas residências de menor porte há predominância de blocos cerâmicos na constituição das alvenarias de vedação.

Os blocos cerâmicos, via de regra, dispõem de furos ao longo do seu comprimento horizontal e apresentam uma coloração avermelhada (OLIVEIRA, 2019). A NBR 15270-1 (ABNT, 2017) destaca que também há blocos de vedação com direcionamento dos furos na vertical, todavia, na região nordeste o tipo de bloco mais utilizado é o que contém esse direcionamento na horizontal, como apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Bloco cerâmico com furos horizontais.



Fonte: NBR 15270 (ABNT, 2017).

Conforme a NBR 15270-1 (ABNT, 2017), algumas verificações se fazem necessárias no momento do recebimento dos blocos, o intuito é de assegurar que os lotes atendem as características geométricas, físicas e mecânicas exigidas. No Quadro 3 são expostas as exigências mínimas para o bloco cerâmico de vedação com furos direcionados na horizontal.

Quadro 3 – Critérios mínimos para os blocos cerâmicos de vedação.

Características visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional individual relacionada à média das dimensões efetivas	± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	≥ 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	≥ 7 mm
Desvio em relação aos esquadros	≤ 3 mm
Planeza das faces	Flecha ≤ 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	$\geq 1,5$ MPa (para furos na horizontal)
	≥ 3 MPa (para furos na horizontal)
Índice de absorção de água (AA)	$8\% \leq AA \leq 22\%$

Fonte: Adaptado de Thomaz et al. (p. 11, 2009).

2.8.1. Execução

Com o objetivo de aumentar a aderência entre as peças de concreto e a alvenaria, se faz necessária uma camada de chapisco nas faces das estruturas que estão em contato direto com a mesma. A argamassa de assentamento deve ter de 1 cm a 2 cm de espessura nas juntas horizontais (YAZIGI, 2009). Conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984), para minimizar o risco de aparecimento de fissuras, o uso de vergas, contra-vergas, cintas de amarração, ligações alvenaria-pilar e fixações (encunhamentos) são imprescindíveis.

De acordo com Thomaz et al. (2009), as vergas e contra-vergas devem possuir um transpasse em torno de 20% da largura do vão e de no mínimo 20 cm para ambos os lados. Tanto as vergas e contra-vergas quanto as cintas de amarração devem ser compostas de pelo menos duas barras de aço com diâmetro de 6 mm.

As ligações entre alvenarias e pilares podem ser executadas com telas metálicas, armações de espera introduzidas no pilar ou ainda com ferros-cabelo,

sendo a última, a ligação utilizada no objeto de estudo. Para a ligação feita a partir de ferros-cabelo é recomendado utilizar uma barra de aço de 6 mm a cada 40 ou 50 cm, com transpasse para o interior da alvenaria de 50 cm e para o pilar, de 6 a 8 cm (THOMAZ et al., 2009).

Thomaz et al. (2009) acentuam que o encunhamento é essencial para amortecer as deformações estruturais que seriam transmitidas à parede. Essa fixação entre as alvenarias e vigas ou lajes superiores deve ser realizada com o objetivo de criar uma camada de material que se deforme distribuindo e absorvendo as cargas sobre a alvenaria.

Antes da elevação das paredes de vedação é preciso verificar se as seguintes condições foram atendidas: os vinte e oito dias de cura do concreto e a retirada das escoras dos elementos estruturais, o chapisco nas vigas, lajes e nos pilares ter sido executado há no mínimo três dias, a prévia marcação das fiadas e por fim, a introdução de ferros-cabelo nos pilares (OLIVEIRA, 2019).

2.9. Inspeção predial

Segundo a NBR 16747 (ABNT, 2020), a atividade de inspeção predial tem como finalidade averiguar o estado de conservação e funcionamento da edificação, possibilitando um acompanhamento sistemático do desempenho do edifício ao longo de sua vida útil. O objetivo é garantir as condições mínimas de segurança, habitabilidade e durabilidade da construção. Em conformidade com Pujadas (2012), a inspeção predial contribui para a redução de custos operacionais e de manutenção.

De acordo com o IBAPE (2012), as vistorias desenvolvidas durante a inspeção predial não envolvem ensaios tecnológicos e prospecções, sendo assim, são de simples constatação. Desse modo, as averiguações são limitadas pela análise predominantemente sensorial de manifestações visíveis e detectáveis sem a utilização de procedimentos investigativos mais complexos.

O IBAPE (2012), relaciona os sistemas construtivos a serem inspecionados e investigados pelo inspetor predial:

- Elementos estruturais aparentes;
- Sistemas de vedação (externos e internos);
- Sistemas de revestimentos, incluída as fachadas;

- Sistemas de esquadrias;
- Sistemas de impermeabilização, através dos indícios de perda de desempenho como infiltrações;
- Sistemas de instalação hidráulica (água fria, água quente, gás, esgoto sanitário, águas pluviais, reuso de água e esgoto, etc.);
- Sistemas de instalação elétrica;
- Geradores;
- Elevadores;
- Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (para-raios);
- Sistema de combate a incêndio;
- Sistema de coberturas (telhados, rufos, calhas, etc.);
- Acessibilidade;
- Dentre outros.

2.10. Manifestações patológicas

Patologia é a investigação sistemática das falhas que ocorrem na edificação, sua finalidade é diagnosticar as origens e identificar os mecanismos de deflagração e evolução da manifestação patológica (BOLINA; FONSECA; HELENE, 2019). Oliveira (2013), destaca que as patologias, via de regra, se manifestam durante as etapas de concepção, execução e utilização da construção civil. Peres e Correa (2019) no Quadro 4, relacionam a origem da patologia com os possíveis responsáveis.

Quadro 4 – Origem da patologia x responsável pela falha.

Origem da patologia	Responsável pela falha
Fase de projeto	Projetista
Fase de execução	Mão de obra sem qualificação ou fiscalização omissa
Etapa de utilização	Falta de manutenção ou utilização para fins diferentes dos calculados em projeto
Qualidade do material	Fabricante/fornecedor

Fonte: Adaptado de Peres e Correa (2019).

Pina (2013) sintetiza as principais manifestações patológicas: corrosão de armaduras, trincas, fissuras, rachaduras, degradação do concreto, manchas,

descolamento de revestimento e infiltração. Faria e Arantes (2012) corroboram que a utilização de materiais inadequados e as falhas no processo conceutivo, executivo e de manutenção são determinantes quanto ao surgimento das referidas manifestações patológicas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização da residência e os instrumentos e procedimentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho, estão apresentados neste tópico.

3.1. Caracterização da residência

A residência está localizada em um bairro periférico de Pombal, município do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, que segundo o IBGE (2022), é composto por 32.473 habitantes.

A edificação tem 80 m² de área construída e é dividida em três quartos, uma suíte, um banheiro social, garagem, sala de estar, sala de jantar e cozinha. A execução das etapas acompanhadas (fundação, elementos da superestrutura e alvenaria) contou com a mão de obra de dois pedreiros, cinco ajudantes e um armador.

3.2. Materiais

- Prancheta e caneta;
- Trena curta;
- Câmera fotográfica acoplada ao dispositivo celular.

3.3. Métodos

O levantamento de dados se deu através do acompanhamento contínuo da execução de uma residência unifamiliar durante os meses de outubro de 2022 e fevereiro de 2023. Durante esse período, foi possível registrar de maneira descritiva e fotográfica, os erros executivos praticados na produção de todas as peças estruturais e alvenarias.

Com o intuito de aprimorar o embasamento dos dados, além dos registros fotográficos e descritivos, foram realizados ensaios de resistência à compressão para o concreto e os blocos cerâmicos.

3.3.1. Ensaio de resistência à compressão do concreto estrutural

Para a estimar a resistência à compressão do concreto, foram moldados nove corpos de prova. O traço adotado para o concreto estrutural, utilizado em todas as peças da superestrutura (pilares, vigas e laje), pode ser identificado na Tabela 5.

Tabela 5 – Traço adotado para o concreto estrutural.

Material	Cimento CP II-F-32 (saco)	Areia média (latas)	Brita 1/2 (latas)	Água (latas)
Qtd.	0,5	5	2	1,5

Fonte: Autor (2023).

Os corpos de prova foram moldados in loco durante a concretagem de vigas. O adensamento foi realizado manualmente, sendo aplicados doze golpes com haste metálica para cada uma das duas camadas, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Figura 13 – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autor (2023).

Após à cura em tanque com água, foram efetuados testes de resistência à compressão axial de três corpos de prova para cada idade: sete, quatorze e vinte e oito dias. O ensaio se deu com a utilização de uma prensa hidráulica (Figura 14) e em conformidade com a NBR 5739 (ABNT, 2018).

Figura 14 – Prensa hidráulica utilizada no ensaio de resistência à compressão do concreto.



Fonte: Autor (2023).

3.3.2. Ensaio de resistência à compressão dos blocos cerâmicos

Para a realização do ensaio de resistência à compressão foram escolhidos sete blocos de vedação de maneira aleatória. A espessura do capeamento não ultrapassou a exigida pela NBR 15270-2 (ABNT, 2017), que foi de 3 mm, sendo realizado primeiramente de um lado e após 48 horas, do outro.

Após sete dias desde o capeamento, os blocos foram rompidos utilizando uma prensa hidráulica (Figura 15) e de acordo com a NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

Figura 15 – Prensa hidráulica utilizada no ensaio de resistência à compressão dos blocos.



Fonte: Autor (2023).

3.3.3. *Constatação de dimensionamento*

Para averiguar o dimensionamento dos pilares, foi realizada uma medição. Após o levantamento das informações, a fim de determinar a área da seção transversal adotada nos pilares, foi utilizada a Equação (1).

$$\text{Área de uma seção retangular} = a \times b \quad (1)$$

Onde a é o comprimento da menor dimensão transversal do pilar e b o da maior. Para a definição da área de aço, foi aplicada a Equação (2).

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

Sendo π constante e d o diâmetro da barra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido a autoconstrução praticada na residência acompanhada, foi possível identificar erros de concepção e execução.

4.1. Concreto

O concreto estrutural foi preparado na obra através do emprego de uma betoneira estacionária. Apesar da NBR 12655 (ABNT, 2015) indicar a necessidade da realização dos ensaios de resistência à compressão e de consistência, nenhum destes foi desenvolvido.

O responsável pela operação da betoneira, visando reduzir o consumo dos materiais, destacou a preocupação com a economia do cimento na produção do concreto. Desse modo, a qualidade e segurança do concreto foram postas em segundo plano, sendo enfatizado apenas o critério econômico. Conforme a Tabela 5, o traço utilizado foi composto por meio saco de cimento, em desacordo com Isaia (2011), que destaca que cada betonada deve ser medida em relação a um saco de cimento.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) o concreto estrutural deve atingir ao fim de 28 dias de cura, para uma estrutura localizada em ambientes de classe de agressividade ambiental II, no mínimo 25 MPa de resistência à compressão. Através do ensaio, foi possível auferir que aos sete dias, a resistência média à compressão foi de 6,73 MPa; aos 14 foi de 6,14 MPa e aos 28 dias de 6,94 MPa, como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto.

Corpo de Prova	f_{c7} (MPa) 07 dias	f_{c14} (MPa) 14 dias	f_{c28} (MPa) 28 dias
CP1	6,25	6,8	6,76
CP2	6,49	6,11	7,3
CP3	7,46	5,53	6,76

Fonte: Autor (2023).

De acordo com Almeida (2002), a resistência do concreto à compressão, tratando do mesmo cimento, depende de alguns fatores, como: relação água/cimento,

idade do concreto, formato e tamanho do corpo de prova e qualidade dos materiais. O ensaio isolou algumas dessas variáveis, restando o fator água/cimento como o principal motivador para a não evolução do f_{ck} entre as idades.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) elucida que para estruturas localizadas em ambientes de classe de agressividade ambiental moderada, a relação água/cimento deve ser menor ou igual a 0,60. Em desacordo, o traço utilizado na produção das superestruturas apresentou um fator água/cimento de 1,08.

A escolha equivocada do traço do concreto é um dos fatores que comprometem a vida útil da estrutura, dando origem a deterioração precoce das peças estruturais. Essas danificações podem provocar apenas desconfortos estéticos e infiltrações pequenas, todavia, podem também ocasionar acidentes e, somadas a um conjunto de erros, levar a construção ao colapso (KIKUCHI, 2020).

4.2. Fundação

O dimensionamento da fundação foi idealizado de maneira empírica, sendo assim, não houve como aferir projetos e cálculos estruturais. Vale ressaltar ainda que não foi realizado nenhum estudo preliminar quanto a capacidade de carga do solo, desse modo, não há nenhum embasamento normativo que assegure o desempenho adequado da fundação.

Para Sena e Viana (2021), são diversas as falhas de concepção que podem provocar manifestações patológicas, como: insuficiência ou equívoco de um estudo preliminar, determinação inadequada dos esforços envolvidos ou das suas combinações e, cálculo inexato e/ou avaliação imprecisa da capacidade de carga do solo. Sendo assim, a fundação da residência acompanhada pode ser responsabilizada pelas diversas patologias que podem surgir durante a vida útil da habitação.

As manifestações patológicas mais relevantes que se originam de defeitos na fundação são: fissuras, trincas, rachaduras e desaprumo da edificação (CONSOLI et al., 2005). Araujo (2019) complementa que essas patologias podem comprometer principalmente as alvenarias, lajes, vigas e os pilares e pisos, de modo a interferir na estética, durabilidade e no desempenho estrutural do imóvel.

No que tange a execução, como relatam as Figura 16 (a) e (b), é possível observar que as fundações foram concretadas diretamente em contato com o solo,

sem a execução de uma camada de concreto magro na base e, sem a utilização de fôrmas laterais. Ademais, a inexistência de um sistema de impermeabilização (Figura 17) também contribui para o surgimento de manifestações patológicas oriundas de contaminações do ambiente.

Figura 16 – (a) e (b) Execução da fundação.

(a)

(b)



Fonte: Autor (2022).

Figura 17 – Ausência de impermeabilização da fundação.



Fonte: Autor (2022).

Dentre os principais problemas que podem ser gerados em decorrência das práticas apresentadas anteriormente, está a umidade. Para Caporrino (2015), ela pode originar fissuras, proliferar micro-organismos que provocam o aparecimento de manchas e eflorescências, reduzir a resistência dos componentes estruturais, deteriorar e destacar revestimentos, etc. Pianca (1977) corrobora que o contato direto de paredes e muros com fundações que não receberam o procedimento adequado de impermeabilização, ocasiona infiltrações que se manifestam a partir de manchas que deterioram os ambientes.

4.3. Pilares

Dentro do sistema estrutural de concreto armado, o pilar é a peça mais complexa a ser dimensionada, e a que demanda os cuidados mais minuciosos quanto a sua execução. Desse modo, esse tópico será segmentado entre erros cometidos pela concepção estrutural, e falhas geradas na execução da estrutura.

4.3.1. Concepção estrutural

A residência foi executada com 32 pilares, destes, 20 foram utilizados propriamente na construção da edificação e 12 na execução da murada. De todo modo, tiveram seus dimensionamentos padronizados, sendo utilizadas 04 barras CA-50 de 8 mm no arranjo dos pilares internos e treliças TR8645 na configuração dos pilares da murada. Sendo assim, foram concebidos de maneira empírica, sem o embasamento de uma análise estrutural adequada.

As dimensões adotadas nos pilares internos foram padronizadas e podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Dimensões dos pilares internos.

Área adotada (cm ²)	Área mínima (cm ²)	Menor dimensão adotada (cm)	Menor dimensão mínima (cm)
270,25	360	11,5	14

Fonte: Autor (2023).

Conforme exposto, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), a área da seção transversal dos pilares deve ter no mínimo 360 cm², entretanto, a área auferida foi drasticamente inferior. Com relação a menor dimensão da seção transversal do pilar, a referida norma impõe 14 cm como sendo o menor valor, contudo, a dimensão adotada foi de 11,5 cm.

Com relação aos pilares utilizados na construção da área externa, pôde-se observar dimensões ainda menores. As Figura 18 (a) e (b) apresentam um dos pilares empregados nos muros, composto por uma área de 156,75 cm² de seção transversal

e 9,5 cm de menor dimensão, ambas, muito inferiores às requisitadas pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

Figura 18 – (a) e (b) Seções transversais adotadas em um dos pilares dos muros.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2023).

Relativo as armaduras utilizadas, também é possível identificar inconformidades normativas. Na composição dos pilares internos, foram utilizadas barras longitudinais de 8 mm e estribos de 4,2 mm de diâmetro. No arranjo dos pilares externos, foram utilizadas treliças eletrossoldadas TR 8645.

Figura 19 – (a) Composição da armação dos pilares internos, (b) Composição da armação dos pilares externos.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2022).

A Tabela 8 apresenta a comparação entre as armações usadas na composição dos pilares e as mínimas exigidas por norma.

Tabela 8 – Dimensões das armações dos pilares.

Pilares internos				Pilares externos	
Armação longitudinal		Armação transversal		Treliza TR 8645	
Área adotada (cm ²)	Área mínima (cm ²)	Diâmetro adotado (cm)	Diâmetro mínimo (cm)	Área adotada (cm ²)	Área mínima (cm ²)
2,01	3,14	0,42	0,5	0,96	3,14

Fonte: Autor (2023).

A escolha das dimensões dos pilares está diretamente ligada à metodologia de execução empregada, que utiliza a alvenaria como fôrma, desse modo, a menor dimensão do pilar passa a ser a largura da parede em que ele está inserido. A decisão sobre as armaduras utilizadas é tomada de maneira empírica, levando em consideração principalmente o critério econômico.

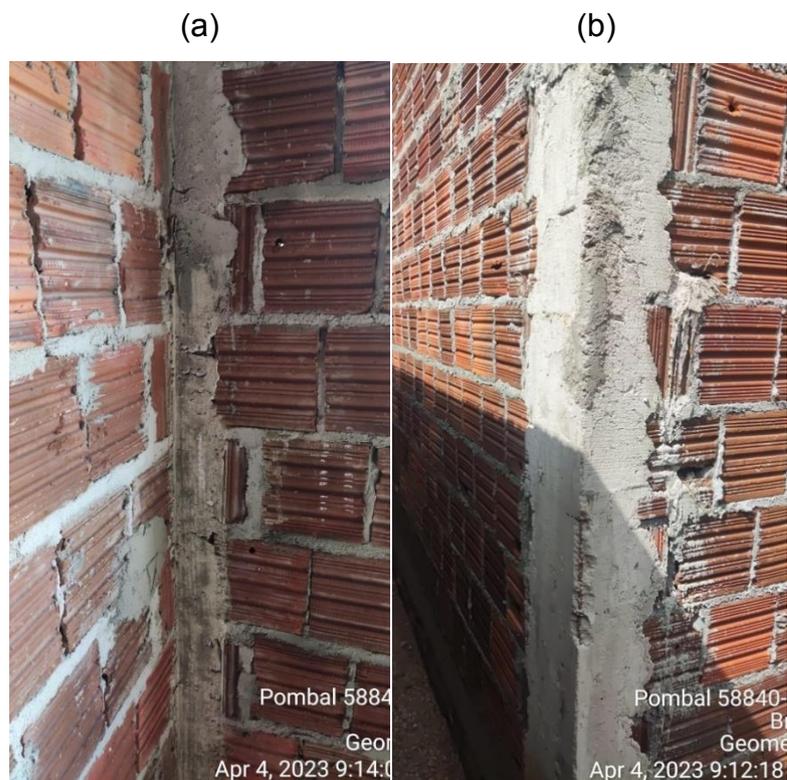
Apesar dos pilares internos conferirem na sua concepção o número mínimo de barras longitudinais requisitado pela NBR 6118 (ABNT, 2014) (quatro para seções retangulares), por serem produzidos com barras de diâmetro inferior a 10 mm, não atendem a exigência normativa. Com relação aos pilares externos, há um uso veementemente equivocado de treliças eletrossoldadas, as mesmas são constituídas por três barras longitudinais e duas diagonais, que mesmo somadas, de maneira explicativa, não atingem os critérios mínimos destacados por norma.

O subdimensionamento dos esforços que atuam na edificação pode levar a estrutura a falhas, provocando deslocamentos excessivos, recalques de fundação, trincas, fissuras e rachaduras (JUNIOR; REIS, 2019). Ripper e Souza (1998) destacam que a utilização de materiais fora das especificações técnicas é uma das principais causas que acometem patologias nos elementos de concreto armado (RIPPER; SOUZA, 1998).

4.3.2. Execução

As principais falhas executivas observadas nos pilares estão diretamente ligadas a inexistência de um sistema adequado de fôrmas e escoras e ao descumprimento de recomendações normativas. A ineficiência do sistema de fôrmas fica evidente ao observar as dimensões e formatos aleatórios que os pilares tomaram (Figura 20 (a) e (b)), em desacordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), que esclarece que as fôrmas devem garantir a forma geométrica dos pilares, além de impedir a perda de pasta de cimento.

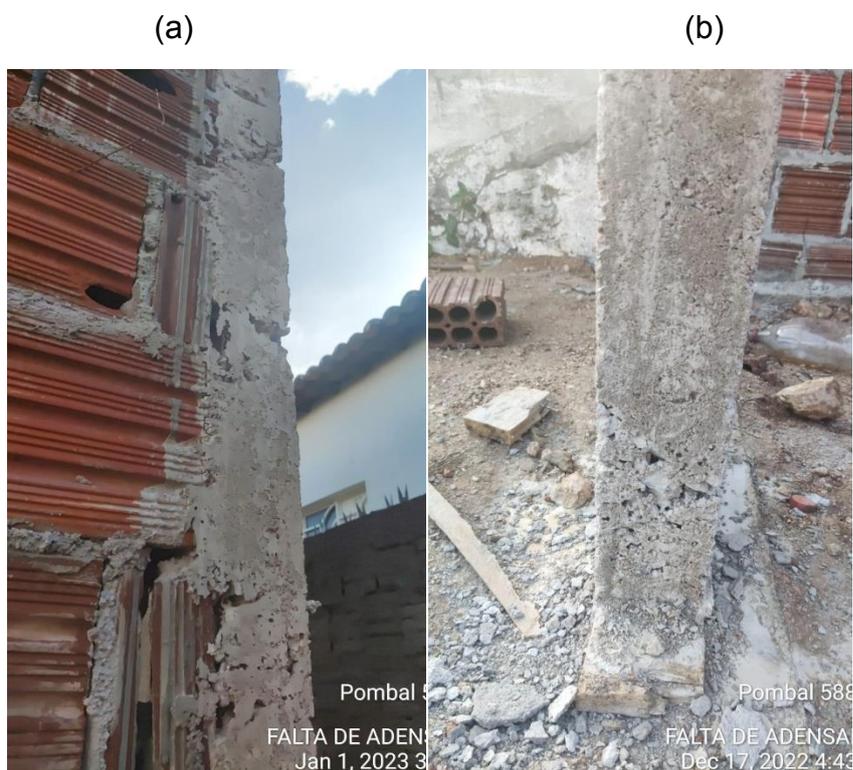
Figura 20 – (a) e (b) Geometria dos pilares.



Fonte: Autor (2023).

Durante o lançamento do concreto não foi desenvolvida nenhuma atividade relacionada ao adensamento do mesmo. O pedreiro destacou que o tempo adicional dedicado ao adensamento e aos reforços de escoramento não justificariam o resultado obtido pelo uso de vibrador mecânico. Entretanto, a NBR 14931 (ABNT, 2004), ressalta a necessidade de adensar o concreto para assegurar o preenchimento completo das fôrmas e garantir a homogeneidade do mesmo.

Figura 21 – (a) e (b) Vazios de concretagem.



Fonte: Autor (2022).

A inexistência de adensamento provocou vazios de concretagem em alguns pilares, como mostram as Figura 21 (a) e (b).

Os vazios de concretagem sujeitam a estrutura aos agentes externos que podem deteriorar tanto o concreto quanto o aço, de modo a influenciar no desempenho das peças estruturais (BATISTA et al., 2021). Mendonça (2005) destaca que esse erro executivo também pode provocar vazios no interior do elemento estrutural, que são capazes de causar patologias como trincas e rachaduras e tornar o tratamento mais custoso, pela dificuldade de identificar a origem das mesmas.

Com relação a etapa de cura do concreto, não foi desenvolvido nenhum procedimento em nenhuma peça estrutural. Entretanto, a cura é essencial no controle tecnológico do concreto, a sua execução se efetuada de maneira correta, assegura ao concreto uma superfície durável, livre da presença de trincas, permeabilidade e carbonização (SILVA FILHO; HELENE, 2011; SENA; VIANA, 2021; KIKUCHI, 2020). Dessa forma, pode-se conjecturar o aparecimento de patologias devido a essa falha executiva.

Relativo ao cobrimento de concreto, a NBR 6118 (ABNT, 2014) exige que nos pilares produzidos em CAA II, o aço seja envolto por no mínimo três centímetros de

concreto, não obstante, as Figura 22 (a) e (b) ilustram dois pilares do nível da fundação que foram produzidos sem a devida cobertura, o que provoca inclusive a exposição direta das armações ao ambiente.

Figura 22 – (a) e (b) Cobrimento de pilares do nível da fundação.



Fonte: Autor (2022).

Morais et al. (2020) e Ribeiro (2014) salientam que a exposição direta da armadura ao solo propicia o contato com água e umidade do meio, que colabora com o processo corrosivo da armação. A manifestação patológica da corrosão está ligada a danificação dos materiais metálicos, que afeta e impossibilita de utilizá-los de acordo com seu uso comum, além de ocasionar prejuízos econômicos e impactos nas vidas das pessoas (GENTIL, 2011; MAIA et al., 2015; OSTROSKI, 2019).

A respeito do tempo de permanência das fôrmas laterais dos pilares, foi possível acompanhar desfôrmas feitas com até quatro horas desde a concretagem (Figura 23). De modo geral, a necessidade de reutilização da fôrma ditava qual seria o seu tempo de retirada, que na maioria das vezes, era inferior a 24 horas.

Figura 23 – Pilar desformado antes do tempo.



Fonte: Autor (2022).

A NBR 14931 (ABNT, 2004) determina que a retirada das fôrmas laterais seja iniciada após no mínimo três dias de cura do concreto. Esse procedimento realizado de modo precoce pode acarretar movimentações ou deformações que influenciam na resistência do concreto (NOVAES; POZNYAKOV, 2021).

Além disso, no processo de construção dos pilares, houve a criação de juntas de concretagem. Todos os pilares foram concretados em dois ou três lançamentos distintos.

Figura 24 – (a) e (b) Concretagem parcial de pilares.

(a)

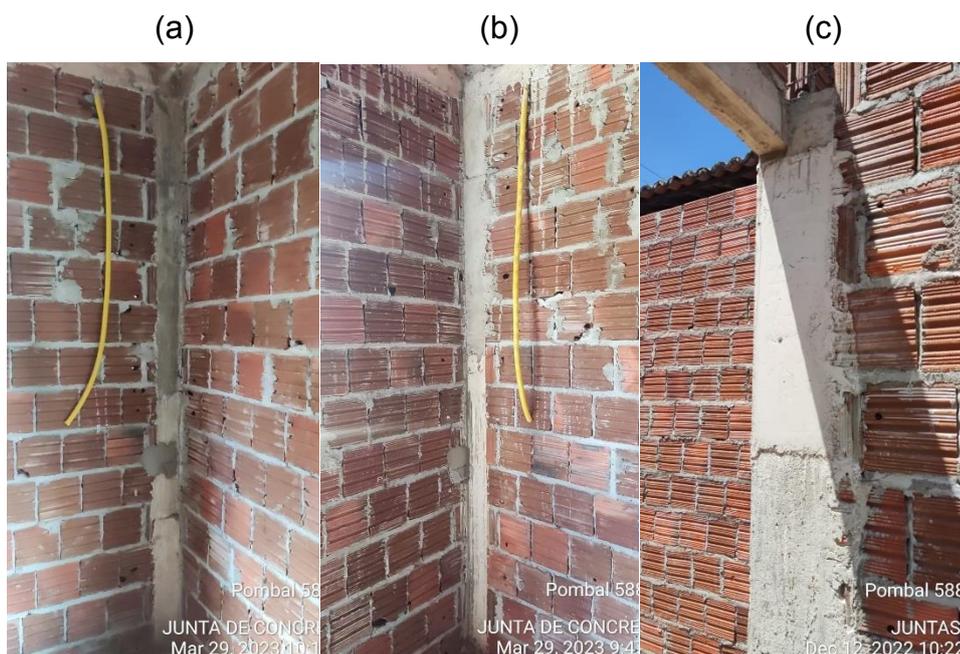
(b)



Fonte: Autor (2022).

Em alguns casos a junta fria foi formada no centro da peça, posição acometida pelo maior esforço de flambagem. Em desconformidade com a NBR 14931 (ABNT, 2004), ao retomar o lançamento do concreto, não foi realizado nenhum procedimento sobre o concreto endurecido, dessa forma, as juntas foram criadas sem nenhum cuidado quanto à aderência.

Figura 25 – (a), (b) e (c) Juntas de concretagem.



Fonte: Autor (2023).

Essa ocorrência influencia diretamente o funcionamento do concreto armado e, com as juntas sendo criadas de forma indevida principalmente nas regiões onde os esforços de cisalhamento são grandes, é possível que as estruturas tenham suas durabilidades afetadas (BATISTA et al., 2021).

4.4. Vigas

O dimensionamento das vigas, assim como o dos pilares, foi concebido de maneira empírica. Todas as vigas foram projetadas com 9 cm de largura e 22 cm de altura. Foram utilizadas quatro barras CA-50 de 8 mm de diâmetro no arranjo das armações longitudinais e, em desconformidade com a NBR 6118 (ABNT, 2014), na produção das armaduras transversais, barras CA-60 de 4,2 mm de diâmetro.

A padronização no dimensionamento das vigas pode originar tanto uma estrutura superdimensionada quanto uma subdimensionada, isso se deve ao fato da inexistência de uma análise estrutural, que possibilita a adequação entre a peça estrutural e aos esforços pelos quais a mesma está submetida. Conforme Queiroz et al. (2019), o superdimensionamento produz uma estrutura com gastos desnecessários e o subdimensionamento pode influenciar a segurança e as condições técnicas da edificação.

Acerca da execução, alguns dos problemas identificados anteriormente nos pilares puderam ser apontados também nas vigas. Em destaque o descumprimento de recomendações da NBR 14931 (ABNT, 2004) quanto ao sistema de fôrmas e escoras. A metodologia construtiva empregada utilizou a alvenaria como escora para a concretagem das vigas, como expõe a Figura 26.

Figura 26 – Uso de alvenaria como escora.



Fonte: Autor (2022).

Esse emprego além de inviabilizar a execução do encunhamento, dispõe sobre a alvenaria deformações naturais da viga. Thomaz (1989) corrobora que as vigas sofrem deformidades naturais advindas de seus pesos próprios, das cargas variáveis e permanentes e, da ação da retração e deformação lenta do concreto. Embora a viga admita certa influência de flechas, como afirmam Oliveira et al. (2019), a alvenaria pode não ser compatível com essa deformabilidade. Os autores ressaltam ainda que essas tensões excessivas se recebidas pelo painel da alvenaria, podem ocasionar fissurações.

Como apresenta a Figura 27, também foi possível observar nas vigas a formação de nichos de concretagem, que evidencia a ineficiência do adensamento em todas as peças estruturais.

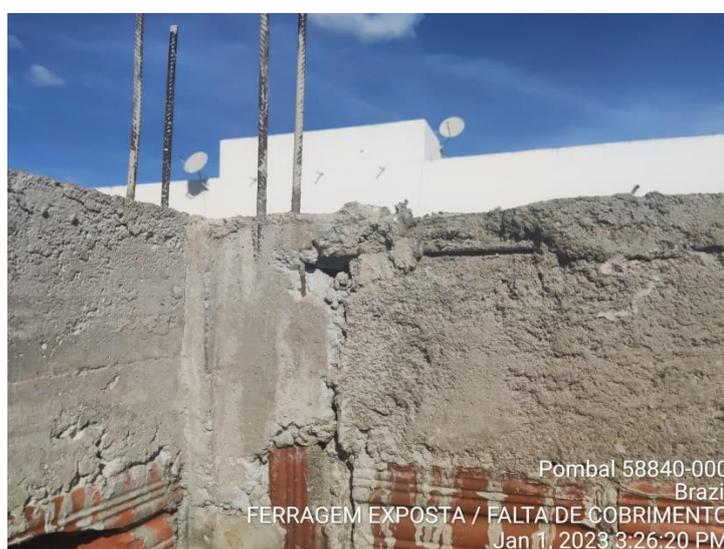
Figura 27 – Segregação de agregado graúdo.



Fonte: Autor (2022).

No que tange a cobertura mínima de concreto, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), as vigas deveriam ser concretadas com no mínimo três centímetros de cobrimento, entretanto, foi possível observar algumas dessas peças sendo produzidas com coberturas severamente inferiores, como a viga em destaque na Figura 28, que apresenta parte da sua armação exposta.

Figura 28 – Cobrimento mínimo não atendido.



Fonte: Autor (2023).

Quanto as estruturas provisórias utilizadas na produção das vigas, foi possível observar que a demanda de reutilização dos materiais ditava qual seria o tempo de permanência das mesmas. A alta produtividade com um número limitado de fôrmas fez com que o tempo médio de permanência não ultrapassasse 24 horas. As vigas concretadas no turno matutino, tinham suas fôrmas laterais retiradas no vespertino, e as concretadas no turno vespertino, eram lateralmente desformadas no turno matutino do dia posterior. Em destaque na Figura 29 (a), a aparência do concreto de uma viga desformada precocemente.

Figura 29 – (a) e (b) Viga desformada antes do tempo.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2022).

Como citado anteriormente para os pilares, a desforma realizada de maneira antecipada, pode ocasionar excentricidades de execução, de modo a provocar manifestações de patologias nos elementos estruturais. Não obstante, algumas das vigas receberam novos carregamentos enquanto estavam no início do processo de cura. As Figura 30 (a) e (b) ilustram uma viga que com dois dias desde sua concretagem teve além da aplicação de novos carregamentos, o início da remoção das suas escoras.

Figura 30 – (a) e (b) Escoramento de vigas.

(a)

(b)



Fonte: Autor (2022).

A prática abordada anteriormente tem o potencial de provocar deformabilidades excessivas nesse elemento estrutural, de modo a ocasionar desde desconfortos estéticos à manifestação de fissuras (SOUZA; RIPPER, 2009; THOMAZ, 2009; OLIVEIRA et al., 2019).

4.5. Lajes

O dimensionamento das lajes também se deu de maneira empírica, apesar da laje utilizada ser pré-fabricada e com isso, seguir as dimensões padronizadas pela NBR 14859 (ABNT, 2016), pela falta de uma análise estrutural adequada não é possível determinar se a escolha do modelo da treliça utilizada na laje foi acertada.

No que se refere a execução, houve um uso inadequado do concreto. De acordo com a NBR 14859 (ABNT, 2016), o concreto que compõe a base das vigotas e a capa da laje, tem de atender no mínimo a classe C20, sendo assim, a resistência à compressão do concreto utilizado teria de atingir ao longo de 28 dias de cura, 20 MPa. Conforme a Tabela 6, o valor observado foi de 6,94 MPa, drasticamente inferior ao exigido por norma.

O subdimensionamento pode ser um dos fatores que provocam deslocamentos excessivos em lajes, como consequências têm-se além de danos às estruturas em serviço, falhas às outras que estão associadas, como por exemplo o funcionamento inadequado de janelas e portas, a manifestação de fissuras em alvenarias, a

interferência na drenagem das águas em coberturas e a flambagem de paredes e pilares esbeltos (BARBOSA, 2010; MOURA; MARCELLINO, 2003).

4.6. Alvenaria de vedação

As paredes de vedação, via de regra, apresentam patologias de forma precoce e evidente. Desse modo, embora a produção das mesmas tenha se dado sem o acompanhamento adequado, o conhecimento empírico do pedreiro reproduziu algumas das soluções executivas presentes nas normas relativas à prevenção de patologias. Todavia, o uso da alvenaria de vedação como fôrma e escora para a produção dos elementos estruturais, como relatado anteriormente, pode ocasionar manifestações patológicas de maneira prematura.

Em conformidade com Thomaz (1990), as patologias mais frequentes relacionadas de forma direta ou indireta com as alvenarias, são: fissuras, formação de eflorescências, infiltração de água em fachadas, descolamento de revestimentos e modificações químicas dos materiais de construção.

Com relação aos blocos de vedação utilizados, que apresentam furos na horizontal, a NBR 15270-1 (ABNT, 2017) exige no mínimo 1,5 MPa de resistência à compressão. Através do ensaio de sete blocos foi possível auferir 0,866 MPa como sendo a resistência à compressão média da área bruta dos mesmos. Resultados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados do ensaio de resistência à compressão da área bruta dos blocos de vedação.

Bloco Cerâmico de vedação com furos na horizontal (9x19x19)	Resistência à compressão da área bruta (MPa)
BC1	0,935
BC2	0,717
BC3	0,958
BC4	0,671
BC5	0,958
BC6	0,866
BC7	0,958

Fonte: Autor (2023).

O uso de materiais inadequados, que não seguem as especificações técnicas, é determinante quanto a ocorrência de patologias nesse sistema construtivo (RIPPER; SOUZA, 1998).

Referente ao uso de vergas e contra-vergas nas discontinuidades de alvenaria, foi possível observar inconformidades normativas. As Figura 31 (a) e (b) apresentam a inexistência de contra-vergas em duas aberturas, que evidencia a discordância com a NBR 8545 (ABNT, 1984). Ademais, como relatam as Figura 32 (a) e (b), a execução do transpasse de algumas vergas não respeitou os valores estabelecidos pela referida norma, que determina o transpasse mínimo como sendo de 20 cm.

Figura 31 – (a) e (b) Ausência de contra-verga.

(a)

(b)



Fonte: Autor (2023).

Figura 32 – (a) e (b) Transpasse de vergas.

(a)



(b)



Fonte: Autor (2023).

As condutas apresentadas podem maximizar o risco de aparecimento de patologias na alvenaria, em destaque a manifestação de fissuras (SOUZA; RIPPER, 2009; NBR 8545 ABNT, 1984). De acordo com Thomaz (1989), as fissuras requerem atenção especial quanto ao seu reparo, pois se tratam de uma irregularidade singular, que pode comprometer o funcionamento adequado da edificação (isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água, etc.) e, gerar nos usuários um incômodo constrangedor.

5. CONCLUSÕES

Através do desenvolvimento do ensaio de resistência à compressão, foi identificado que o concreto utilizado na produção das superestruturas apresentou uma resistência média à compressão de 6,94 MPa, de modo a contrariar a NBR 6118 (ABNT, 2014), que determina 20 MPa como resistência à compressão mínima para um concreto estrutural.

Durante o acompanhamento da execução das fundações, pôde-se observar que a camada de lastro prevista na NBR 6122 (ABNT, 2019) não foi executada. Ademais, em desconformidade com a NBR 14931 (ABNT, 2004) e NBR 9574 (ABNT, 2008), a concretagem se deu diretamente em contato com o solo e após a execução, não foi desenvolvido nenhum procedimento de impermeabilização.

Os pilares internos foram padronizados em 11,5 x 23,5 cm, resultando em 270,25 cm² de área de seção transversal, contudo, a NBR 6118 (ABNT, 2014) exige para seção retangular, 14 cm de menor dimensão e 360 cm² de menor área. Os pilares externos foram dimensionados em 9,5 x 16,5 cm, desse modo, foram compostos por uma área de 156,75 cm² e 9,5 cm de menor dimensão, valores que descumprem diretamente as exigências mínimas destacadas na referida norma.

As armações longitudinais dos pilares internos foram dimensionadas com barras de aço CA-50 de 8 mm de diâmetro, de maneira a infringir o diâmetro mínimo de 10 mm determinado pela NBR 6118 (ABNT, 2014), além disso, os estribos foram produzidos com aço CA-60 de 4,2 mm de diâmetro, que é inferior a 5 mm, valor limitado pela citada norma. Os pilares externos tiveram em seus arranjos treliças eletrossoldadas TR 8645, que para seção retangular, desrespeitam a quantidade mínima de barras longitudinais (quatro) e área mínima de aço (3,14 cm²), visto que apresentam em sua composição apenas três barras longitudinais e uma área de aço de 0,96 cm².

As vigas foram padronizadas com 9 x 22 cm e quatro barras longitudinais CA-50 de 8 mm de diâmetro, dessa forma, não sofreram alterações quanto aos esforços pelos quais as mesmas estão submetidas, prática repetida em todos os elementos estruturais, que pode gerar tanto uma estrutura superdimensionada quanto subdimensionada. Ademais, em discordância com a NBR 6118 (ABNT, 2014), os

estribos utilizados nas vigas não atendem o diâmetro mínimo requerido (5 mm), haja visto que foram dimensionados com aço CA-60 de 4,2 mm de diâmetro.

As lajes tiveram a base de suas vigotas e a camada de suas capas executadas com um concreto de resistência média à compressão de 6,94 MPa, sendo assim, sua execução contraria a NBR 14859 (ABNT, 2016), que determina um concreto de no mínimo 20 MPa de resistência à compressão.

A execução das estruturas de concreto armado, de modo geral, apresentou diversas inconformidades com a NBR 14931 (ABNT, 2004), como: ineficácia do sistema de fôrmas e escoras, inexistência do processo de adensamento, inexistência do processo de cura do concreto, descumprimento do cobrimento de concreto, descumprimento do tempo mínimo de permanência das estruturas provisórias e formação de juntas de concretagem.

A execução das alvenarias de vedação, em relação a NBR 8545 (ABNT, 1984), apresentou algumas falhas executivas, tais quais: inexistência de encunhamento, inexistência de contravergas em algumas descontinuidades, descumprimento quanto ao transpasse da ligação alvenaria-pilar, descumprimento quanto ao transpasse das vergas e contravergas e uso de bloco de vedação inadequado.

A partir do ensaio de resistência à compressão da seção bruta dos blocos de vedação, foi possível auferir 0,866 MPa como sendo a resistência média, desse modo, o uso dos mesmos descumpra a NBR 15270 (ABNT, 2017), que exige no mínimo 1,5 MPa para blocos de vedação com furos na horizontal.

Os erros conceituais e executivos identificados podem dar origem a manifestações patológicas. A segregação do agregado graúdo na produção dos elementos estruturais é um exemplo de uma patologia que se apresentou precocemente. No entanto, é possível afirmar que as manifestações patológicas são progressivas e tendem a se agravar ao longo do tempo, além de provocarem o surgimento de outras patologias associadas. Dessa forma, identificar as manifestações o mais rápido possível é imprescindível para facilitar e reduzir os custos do processo de correção.

A autoconstrução, portanto, pode ser causadora de diversas manifestações patológicas. Construir de maneira empírica, sem levar em consideração os parâmetros estabelecidos por norma e o acompanhamento de um profissional adequado, pode influenciar diretamente sobre a segurança e o conforto do usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNA, Diego da L.; PARIZOTTO, Liana; LAZZARI, Bruna M.; et al. Concreto Armado: Vigas e Lajes. Porto Alegre: Sagah, 2021.

ALBERTI, Eloísa Lima. Verificação da conformidade da taxa de armadura de pilar pré-moldado: estudo de caso para um galpão em estrutura mista. 2021. 117f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

ALMEIDA, L. Carlos. Concreto Notas de aula da disciplina AU414-Estruturas IV- Concreto armado. Universidade Estadual de Campinas, 2002.

ALONSO, Urbano Rodriguez. Exercícios de fundações. Editora Blucher, 2019.

AMARAL, MATHEUS FIALHO. Análise paramétrica da punção em lajes lisas de concreto armado com aberturas próximas a pilares internos. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense, 2022.

ANAMACO. Pesquisa Anamaco/Latin Panel. 2008. Disponível em: www.anamaco.com.br. Acesso em fevereiro de 2023.

ANDRADE, Tibério; COSTA E SILVA, Angelo Just da. Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenção das estruturas. Acervo Tecomat-Tecnologia da Construção e Materiais Ltda, 2009.

ARAUJO JUNIOR, Carlíosman Rodrigues de. Análise comparativa entre sistemas estruturais de concreto armado em função do tipo de laje. 2020.

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 fevereiro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Solos e rochas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14859-1: Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-2: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9479: Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projetos e Execução de Fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

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

BARBOSA, Marcelo Diego de Almeida. Análise de flechas em vigas de concreto armado. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

BEZERRA, Matheus Viana Alencar. Identificação de manifestações patológicas no elemento estrutural pilar, no distrito de Amaniutuba, Lavras da Mangabeira – CE. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, UFCG, Pombal-PB, 2022.

BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. Patologia de estruturas. Oficina de Textos, 2019.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. CONCRETO ARMADO EU TE AMO. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 339 p. v. 2. ISBN 978-85-212- 0894-5.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. Concreto armado- Eu te amo. 9. ed. Editora Blucher, 2018.

BRESSAN, André. Análise comparativa de quantitativos e esforços em diferentes concepções estruturais de edifícios em concreto armado. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2022.

CAPORRINO, C. F. Patologia das Anomalias em Alvenarias e Revestimentos Argamassados. São Paulo: Pini, 2015

CARVALHO, José Jerônimo Neto. Análise de seções de concreto armado submetidas à flexo-compressão reta e oblíqua. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2019.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2017.

CASTRO, Ana Patrícia Aranha de; PARRILHA, Francisco Carlos. Dimensionamento da Fundação sem Sondagem do Solo: Análise do Método Adotado para Edificações Residenciais em Marília/SP. Campinas-SP, 2020.

CAU/BR. Assistência Técnica em habitação de interesse social. 2015. Disponível em www.caubr.gov.br. Acesso em fevereiro de 2023.

CID, Thiago Aparecido; CARVALHO, Laísa Cristina. LAJES PRÉ-FABRICADAS E LAJES MACIÇAS: uma análise econômica para a cidade de Congonhal no Sul de Minas Gerais. Minas Gerais, 2020.

CONSOLI, Nilo Cesar; MILITITSKY, J.; SCHINAID, F. Patologias das Fundações. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005.

COSTA BENTO, Mateus Henrique; RIBEIRO, Fernando Luiz. Comparativo entre métodos de análise de esforços e distribuição de cargas de lajes treliçadas pré-moldadas em vigas. 2019.

DA SILVEIRA, Ana Paula Pereira. Solos e recursos hídricos. Editora Senac São Paulo, 2022.

Departamento de Estradas de Rodagem: Formas para Concreto. Secretaria dos transportes. Diretoria de engenharia. DER/SP, 2006.

DE QUEIROZ, Daniel Pessanha; DA SILVA, Cristiano Antônio; FERNANDES, Macel Wallace Queiroz. Vigas de Concreto Armado – Estudo de Manifestações Patológicas resultante do processo de autoconstrução baseado na NBR 6118/2014. 2019.

DE SOUSA BATISTA, Kleber et al. Erros construtivos como origem de patologias no concreto armado em obras na cidade de São João do Rio do Peixe-PB. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 5564-5577, 2021.

DÉSIR, Jean Marie. Alvenaria Estrutural: Propriedades das Argamassas. s.d. Disponível em: Alvenaria Estrutural (ufrgs.br). Acesso em: 20 de março de 2023.

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

ERTHAL, Patrícia Tietze. Estudo comparativo do dimensionamento de vigas segundo a NBR 6118: 2014, utilizando concretos de resistências do grupo I e do grupo II. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso.

FABRIS, Bruna Rafaella.; TRZCINSKI, Clarete. A Assistência Técnica Pública Na Habitação De Interesse Social: um direito possível? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Santa Cruz do Sul. Anais: Santa Cruz do Sul, RS, p. 1-22, 2019.

FARIA, C. A.; ARANTES, D. Análise da implantação do Sistema de Gestão de Qualidade na construção civil. 2012. 91 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2012.

GENTIL, V. Corrosão. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 376 p.

GERDAU. Vergalhões Gerdau. Gerdau, 2020. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/produtos/vergalhao-gerdau>>. Acesso em: 10 de mar de 2023.

HELENE, Paulo; SILVA FILHO, L. C. Análise de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração. Concreto: Ciência e Tecnologia, v. 2, 2011.
ISAIA, Geraldo Cechella et al. Concreto: Ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, v. 1, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE). Norma de Inspeção Predial Nacional. São Paulo, 2012.

JUNIOR, Pedro Roberto de Andrade; DOS REIS, Elton Aparecido Prado. Reforço de estruturas de concreto armado com aplicação de compósito polimérico com fibra de carbono: Vantagens e Desvantagens. 2019. Encontro de Iniciação Científica – ETIC, 2019.

KIKUCHI, Gabriela Faria. Patologias nas estruturas de concreto armado. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Taubaté. Taubaté, SP, 2020.

KUNTZLER, Jair Rodrigo. Avaliação da influência do erro na altura de queda do martelo padrão durante a execução da sondagem tipo SPT, de acordo com a NBR 6484. Ijuí – RS, 2019.

LEITE, Fernando José. Análise comparativa entre dois sistemas estruturais: laje treliçada e laje maciça. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2022.

LOPES, M. M. Estudo comparativo entre concreto usinado e concreto produzido no canteiro de obras. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019.

LORDSLEEM JR., A.C. Execução e inspeção de alvenaria racionalizada. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

MACHADO, Felipe do Nascimento. Otimização de lajes de concreto com nervuras pré-moldadas com armação treliçada. 2017. 77f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MAIA, D. J.; SEGRE, N.; SCATIGNO, A. C.; STELLA, M. B. Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro. Química Nova na Escola, [s.l.], v. 37, n. 1, p. 71-75, fev. 2015.

MARTINS, João Paulo; OSCAR, Luiz Henrique Costa. Análise de manifestações patológicas em construções autoconstruídas no Brasil. Revista Boletim do Gerenciamento, n. 29, p. 46-55, 2022.

MASSULO, Leonardo Azevedo et al. Análise de deslocamentos em lajes nervuradas. 2021.

MENDONÇA, Leonardo Cambraia. Estudo da resistência de aderência de argamassas com substituição parcial de Cimento Portland por sílica da casca de arroz em prismas de tijolos maciços. 2022. 119p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia civil) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Civil, Alegrete, 2022.

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

MOLITERNO, A. Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

MOURA, Gabriel Goris et al. A autoconstrução: Uma análise comparativa entre suas aplicações em relação a um apoio técnico especializado. 2020.

MOURA, Marcio Wrague. MARCELLINO, Narbal Ataliba. Avaliação da deformação em lajes bidirecionais de concreto armado. 2003. 12f. Artigo – V Simpósio Epusp Sobre Estruturas de Concreto, Florianópolis- SC, 2003.

MORAIS, J. M. P. de; SILVA, A. M. da; BARBOZA, E. N.; SILVA, E. M. da; OLIVEIRA, B. B. de. Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. Research, Society and Development, [s.l.], v. 9, n. 7, p. 1-32, 11 jun. 2020.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. [recurso eletrônico] tradução: Ruy Alberto Cremonini. - 5. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2016.

NISHIKAWA, Paulo. Concreto Armado – Domínios de Deformação. Linkedin. Disponível em: Concreto Armado - Domínios de Deformação (linkedin.com). Acesso em 20 de fevereiro de 2023.

NOVAES, Isabella Mathias de Moraes; POZNYAKOV, Karolina. Patologias em Estruturas de Concreto Armado. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 22, n. 22, p. 67-78, jan. 2021. ISSN 2595-6531

NUNES, Ernande Cláudio Nogueira. Estudo analítico e numérico da ancoragem de Barras em elementos de concreto armado. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2022.

OLIVEIRA, Bárbara Paniquar de Souto et al. Análise comparativa da produtividade dos sistemas construtivos de alvenaria de vedação: bloco cerâmico e bloco de gesso. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco, 2019.

OLIVEIRA, Gustavo Martins Valamiel et al. Análise de fissuras em alvenaria de vedação—Estudo de caso: UEMG—Unidade de João Monlevade. Research, Society and Development, v. 8, n. 12, p. e368121617-e368121617, 2019.

OSTROSKI, V. C. Avaliação da velocidade de corrosão nos equipamentos portuários. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [s.l.], v. 8, n. 1, p.848-880, 4 abr. 2019.

PAULA, Fernando Romeiro de. Análise da interoperabilidade BIM entre dois softwares para elaboração de projetos estruturais em concreto armado de um edifício residencial. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

PEREIRA, Caio. Sondagem SPT: O que é e como é feito esse ensaio. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sondagem-spt/>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2023.

PEREIRA, Caio. O que é bloco de fundação? Escola Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/blocos-de-fundacao/>. Acesso em: 14 de março de 2023.

PIANCA, J. B. Manual do Construtor. 9ª Ed. Editora Globo. Porto Alegre/RS. 1977.
PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. Estruturas de Concreto. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004.

PINA, Gregório Lobo de. Patologia nas habitações populares. 2013. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

PIOVEZAN, Rafael; LIMA, Diego Santos. PAVIMENTOS DE LAJES COM VIGOTAS TRELIÇADAS: análise da fabricação e padrões técnicos na cidade de Alta Floresta/MT. REPOSITÓRIO DE TCC, 2022.

PLANILHA DE OBRA. Tabela de aço. 2022. Disponível em: TABELA DE AÇO - Planilha de Obra. Acesso em 14 de março de 2023.

PRESENCE. Entenda um pouco sobre a laje treliçada. Disponível em: grupopresence.com.br/laje-trelicada. Acesso em fevereiro de 2023.

PUJADAS, F. Z. A.. Inspeção Predial - Ferramenta De Avaliação Da Manutenção Inspeção Predial. XIV Cobreap, 2012.

RETONDO, Lucas. Concreto: saiba tudo o que precisa aqui! Construindo casas. 2021. Disponível em: Concreto: saiba tudo o que precisa aqui! - Construindo Casas. Acesso em fevereiro de 2023.

RIBEIRO, D. V. Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise. Rio de Janeiro: Campus, 2014. 272 p.

RODRIGUES, Caio Felipe Vieira. Patologias do concreto armado – um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPE. Recife, 2019.

RODRIGUES, P. C. Estruturas de concreto armado II: Unidade 4 – Pilares de concreto armado. Cruz Alta – Ijuí: Unijuí, 2017.

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: 14 de março de 2023.

SABBATINI, F. H. Alvenaria Estrutural - Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para a solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. 2003.

SABBATINI, F. H. Vedações verticais – conceitos básicos. Notas de aula TG004, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SALGADO, J. Técnicas e práticas construtivas para edificações. 1ª ed., São Paulo: Érica, 2009.

SAMPAIO, Victor Eduardo Pereira. Elaboração de um manual referente a tipologia das fissuras em alvenarias como ferramenta para auxiliar no diagnóstico das manifestações patológicas de edificações com validação por meio de estudo de caso. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2019.

SANTOS, Maria Laura de Sousa. Estudo comparativo da influência da direção de maior inércia de pilares em edifício de três pavimentos com o auxílio de ferramentas computacionais. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. 2019.

SANTOS, Ster Gonçalves Marques. Portfólio acadêmico acompanhamento de reformas, execução de laje, supervisão e calçamento com bloquetes poliédricos sextavos. 2020. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Lavras, Lavras-MG, 2020.

SCHNEIDER, Nelso. Fck do concreto: o que é, como é obtido e quais são as recomendações normativas?. 2020. Disponível em: Fck do concreto: o que é, como é obtido e quais são as recomendações normativas? - Nelso Schneider. Acesso em março de 2023.

SENA, Vinícius Lorentz; VIANA, Adão Júnior Ferreira. Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. AlfaUnipac. Teófilo Otoni, MG, 2021.

SILVA, André Yuri Lyra Coelho da. A importância das fundações superficiais nas construções de residências. 2022.

SILVA JUNIOR, Edmilson Roque da et al. Estudo comparativo entre a utilização de concreto leve e concreto convencional em elementos estruturais de um edifício multipavimentos. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, 2020.

SILVA, Murilo José Marques da. Análise numérica de pilares de concreto armado submetidos à flexo-compressão. Campinas, SP, 2018.

SILVA, Wilston Gomes. Estudo paramétrico do dimensionamento de pilares de concreto armado pelos métodos do pilar padrão com curvatura aproximada e pilar padrão com rigidez “k” aproximada. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 2020.

SIQUEIRA, João Paulo de Almeida. Análise experimental da punção em lajes lisas de concreto armado com armadura de cisalhamento tipo estribo aberto. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2021.

SOUSA, Antônio Arthur Emmanuel de. Análise de corrosão em estruturas de concreto armado em uma praça do Alto Oeste potiguar. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, RN, 2022.

SOUZA, Guibison Alan Santos de. Análise comparativa do desempenho estrutural de pilares de canto, de borda e de centro executados em concreto armado. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2021.

SOUZA, V. C. M. ; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. Manifestação patológica recuperação e reforço da estrutura de concreto, São Paulo, 2015.

STUANI, Leandro. Análise das viabilidades técnica e econômica entre a laje nervurada e a laje treliçada em uma estrutura de concreto armado. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Caxias do Sul, 2021.

SWAROWSKY, Rafael. Análise acústica comparativa entre paredes de gesso acartonado, alvenaria convencional e estrutural. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019.

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.

THOMAZ, Ércio. Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação. 1ª Edição. Editora PINI. São Paulo, 1989.

THOMAZ, Ercio et al. Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), 2009.

THOMAZ, E. Lixiviação x carbonatação. Revista Técnica, ed. 151. São Paulo: Pini, 2009.

VIANA, Marina Ribeiro. Diagnóstico sobre as práticas de autoconstrução na região metropolitana de Aracaju/SE. São Cristóvão – SE, 2021.

YAZIGI, Walid. A técnica de edificar. rev. e atual. São Paulo: PINI, 2009.

ANEXOS

Figura 33 – Menor dimensão da seção transversal padronizada nos pilares internos.



Fonte: Autor (2023).

Figura 34 – Padronização dos pilares externos com treliça eletrossoldada.



Fonte: Autor (2022).

Figura 35 – Concretagem parcial dos pilares internos.



Fonte: Autor (2022).

Figura 36 – Pilar do nível da fundação com armação exposta.



Fonte: Autor (2022).

Figura 37 – Pilar e viga do nível da cobertura com armação exposta.



Fonte: Autor (2023).

Figura 38 – Formas laterais de uma verga retiradas com duas horas de permanência.



Fonte: Autor (2022).