



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ENGENHARIA CIVIL**

**CEFAS NOGUEIRA CAVALCANTE
FRANCISCO EMANUEL NOGUEIRA JOTA**

**ANÁLISE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS NO SISTEMA CONVENCIONAL DE
CONSTRUÇÃO: Estudo de caso em obras de pequeno porte nas cidades de
Solonópole e Mombaça no Ceará**

FORTALEZA

2023

CEFAS NOGUEIRA CAVALCANTE
FRANCISCO EMANUEL NOGUEIRA JOTA

ANÁLISE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS NO SISTEMA CONVENCIONAL DE
CONSTRUÇÃO: Estudo de caso em obras de pequeno porte nas cidades de
Solonópole e Mombaça no Ceará

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO – como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof^o. Dr. Jefferson Pereira Ribeiro.

FORTALEZA

2023

C377a

Cavalcante, Cefas Nogueira.

Análise dos métodos construtivos no sistema convencional de construção: estudo de caso em obras de pequeno porte nas cidades de Solonópole e Mombaça no Ceará. / Cefas Nogueira Cavalcante; Francisco Emanuel Nogueira Jota. – Fortaleza, 2022.

62 f. ; il. ; color. ; 30 cm.

Monografia - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Centro Universitário Fametro - Unifametro, Fortaleza, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Pereira Ribeiro.

1. Sistema construtivo convencional – Engenharia civil. 2. NBR 6118 (2014). 3. NBR 15575 (2013). 4. Solonópole/Ceará. 5. Mombaça/Ceará. I. Título.

CDD 624.15

CEFAS NOGUEIRA CAVALCANTE
FRANCISCO EMANUEL NOGUEIRA JOTA

ANÁLISE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS NO SISTEMA CONVENCIONAL DE
CONSTRUÇÃO: Estudo de caso em obras de pequeno porte nas cidades de
Solonópole e Mombaça no Ceará

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil da Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO – como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof^o. Dr. Jefferson Pereira Ribeiro.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Jefferson Pereira Ribeiro
Orientador – Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

Prof^a. Dr^a. Danielle Kely Saraiva de Lima
Membro - Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

Prof^o. Me. Ricardo Cesar Bezerra Teles Júnior
Membro - Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Santíssima Trindade, a nossa mãe Maria Santíssima, e a toda família e amigos que nos auxiliaram.

ANÁLISE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS NO SISTEMA CONVENCIONAL DE CONSTRUÇÃO: Estudo de caso em obras de pequeno porte nas cidades de Solonópole e Mombaça no Ceará

Cefas Nogueira Cavalcante
Francisco Emanuel Nogueira Jota

RESUMO

Em um cenário de crescimento proporcional entre população e cidade, a alta demanda de novas construções é de fato notória, logo, é papel da engenharia civil propor uma segurança na prestação de serviços nos canteiros de obras. Como apresentado em trabalho, apenas 15% das obras brasileiras apresentam a presença de acompanhamento técnico, desta forma evidencia-se que há falhas na execução de serviços na construção civil e, o não cumprimento de normas técnicas. Faz-se mister ainda salientar, que o objetivo do presente trabalho foi promover um estudo de caso em obras de pequeno porte em cidades do sertão central cearense, que se utilizem do sistema construtivo convencional, extraíndo informações com um procedimento sequencial e padronizado de abordagem, onde foi analisado parâmetros das normas NBR 6118 (2014) e NBR 15575 (2013), como cobertura mínimo, relação água cimento, F_{ck} e desempenho estrutural, sobre a metodologia construtiva. Conforme os dados coletados, o estudo mostrou correlações específicas onde pode-se comprovar que a não presença de profissionais habilitados ocasionou variações nos métodos construtivos, implicando falhas no processo de construção, comprometendo a vida útil de alguns empreendimentos. Contudo nota-se que a presença da regularidade técnica de uma obra e a correta fiscalização, instigam uma qualidade no sistema convencional de construção.

Palavras-chave: Métodos Construtivos, Sistema Convencional de Construção, Cobertura Mínimo, Crescimento Populacional.

ABSTRACT

In a scenario of proportional growth between population and city, the high demand for new constructions is notorious, therefore, it is the role of civil engineering to propose a safe provision of services at construction sites. As presented in a paper, only 15% of Brazilian works have the presence of technical monitoring, thus it is evident that there are flaws in the execution of services in civil construction and the non-compliance with technical standards. It is also necessary to point out that the objective of the present work was to promote a case study in small works in cities in the central hinterland of Ceará, which use the conventional constructive system, extracting information with a sequential and standardized approach procedure, where parameters of NBR 6118 (2014) and NBR 15575 (2013) standards were analyzed, such as minimum cover, water-cement ratio, Fck and structural performance, on the constructive methodology. According to the data collected, the study showed specific correlations where it can be proven that the lack of qualified professionals caused variations in construction methods, implying failures in the construction process, compromising the useful life of some projects. However, it is noted that the presence of the technical regularity of a work and the correct inspection, instigate a quality in the conventional construction system.

Keywords: Construction Methods, Conventional Construction System, Minimum Coverage, Population Growth.

LISTA DE INLUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gasto conforme o tempo da edificação.....	20
Figura 2 – Fundação rasa.....	23
Figura 3 – Fundação profunda.....	23
Figura 4 – Superfície regularizada.....	24
Figura 5 – Impermeabilização com emulsão asfáltica.....	25
Figura 6 – Identificação do cobrimento.....	27
Figura 7 – Espaçadores de argamassa.....	30
Figura 8 – Espaçadores de plástico.....	31
Figura 9 – Produção de espaçadores.....	31
Figura 10 – Concreto produzido e sendo levado para ensaio.....	33
Figura 11 – Empreendimento comercial, obra 1, em projeto.....	35
Figura 12 – Empreendimento residencial, obra 2.....	35
Figura 13 – Empreendimento comercial, obra 3.....	36
Figura 14 – Empreendimento residencial, obra 4.....	36
Figura 15 – Procedimento do estudo de caso.....	38
Figura 16 – Fundação impermeabilizada.....	39
Figura 17 – Medição de cobrimento de laje.....	40
Figura 18 – Medição de cobrimento de pilar.....	41
Figura 19 – Medição de cobrimento de viga.....	41
Figura 20 – Erro dos cobrimentos mínimos – Pilares.....	48
Figura 21 – Erro dos cobrimentos mínimos – Vigas.....	49
Figura 22 – Erro dos cobrimentos mínimos – Lajes.....	49
Figura 23 – Erro da relação água/cimento.....	52
Figura 24 – Demolição da laje – Obra 3.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de desempenho	18
Tabela 2 – Classe de agressividade ambiental.....	28
Tabela 3 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.....	28
Tabela 4 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento mínimo.....	29
Tabela 5 – Classificação das obras.....	42
Tabela 6 – Resultados da Obra 1 (cobrimentos).....	43
Tabela 7 – Resultados da Obra 1 (a/c)	43
Tabela 8 – Resultados da Obra 2 (cobrimentos).....	44
Tabela 9 – Resultados da Obra 2 (a/c)	44
Tabela 10 – Resultados da Obra 3 (cobrimentos).....	45
Tabela 11 – Resultados da Obra 3 (a/c)	46
Tabela 12 – Resultados da Obra 4 (cobrimentos).....	46
Tabela 13 – Resultados da Obra 4 (a/c)	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a/c – Relação água/cimento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAA – Classe de Agressividade Ambiental

CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo

DESA – Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais

ELS - Estado Limite de Serviço

ELU – Estado Limite Último

Fck – Resistência característica do concreto á compressão

ISO – Organização Internacional para Padronização

NBR – Norma Brasileira Registrada

MPa – Mega Pascal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Aspectos gerais e históricos	15
2.2 Normas Técnicas	16
2.2.1 ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho	17
2.2.1.1 Desempenho Estrutural	19
2.2.1.2 Estanqueidade	19
2.2.2 ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.....	20
2.2.3 Sistema Construtivo Convencional	21
2.4 Métodos Construtivos.....	22
2.4.1 Fundação	23
2.4.2 Elementos de concreto armado	26
3. METODOLOGIA	33
3.1 Método.....	33
3.2 Amostra	34
3.3 Coleta dos Dados.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Resultados obtidos.....	42
4.1.1 Resultados da Obra 1	42
4.1.2 Resultados da Obra 2	43
4.1.3 Resultados da Obra 3	45
4.1.4 Resultados da Obra 4	46
4.2 Discussões	47
4.2.1 Desempenho estrutural – NBR 6118 (2014) e NBR 15575 (2013)	48

4.2.2 Estanqueidade	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
5.1 Sugestões para futuros trabalhos.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICIE A – Checklist para levantamento de dados em campo	61

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio das antigas civilizações a engenharia começa a fazer molde na sociedade e, por consequência, os primeiros trabalhos da engenharia civil começaram ser encetados. Segundo Boyer (1974), a necessidade de práticas construtivas de espaço para o agrupamento humano, foi um impulso para o desenvolvimento da geometria, permitindo desenhar, medir e calcular, para que as construções sucedessem de maneira satisfatória.

Com o grande crescimento proporcional entre população e cidade, houve a necessidade de propor soluções viáveis para os entraves que começaram a surgir, como a demanda de novas edificações e propostas de infraestrutura. De acordo com a revisão feita em 2018 da avaliação do estudo sobre “Perspectivas da Urbanização Mundial” (World Urbanization Prospects), concebida pela Divisão das Nações Unidas para a População do Departamento dos Assuntos Econômicos e Sociais (DESA), cerca de 55% da população mundial reside em áreas urbanas. Esses desafios foram cada vez mais complexos e com exigência de maior produtividade. Novas técnicas e métodos construtivos foram se desenvolvendo ao longo do tempo, evoluindo constantemente para atender as novas instigações.

Os métodos construtivos são modelos de execuções, procedimentos e agrupamento de técnicas para o desenvolvimento dos sistemas construtivos. Para Cassar (2018), o método construtivo é um procedimento executivo feito em canteiro de obras, realizado com ferramentas simples e aplicação da mão de obra para compor o processo de construção.

Temos como definição para sistema construtivo, um conjunto de práticas executivas, que feitas de maneira coordenada, resulta na execução de um sistema. Para Tacla (1984), o sistema funciona como um agrupamento de regras práticas, que associadas e coordenadas harmonicamente com a mão de obra e os materiais, formam uma logística para a concretização de um espaço. Contudo, o sistema consiste em si em elementos, onde eles possuem seus próprios sistemas, logo, esse agrupamento é dividido em subsistemas, que são interdependentes, desta forma, devem ser organizados e compatibilizados, para atender os requisitos funcionais construtivos.

No Brasil, o sistema construtivo mais utilizado são as estruturas de concreto armado com alvenaria de vedação, pode-se entendê-lo como o sistema convencional,

devido a sua praticidade e disponibilidade de mão de obra. Segundo Ramalho (2003), esse sistema utiliza materiais simples, como cerâmica, cimento e aço, mas se comporta de forma onerosa nos gastos de mão de obra, além de ter uma moderada produtividade.

Para Santiago (2010), esses sistemas convencionais de construção têm como característica um processo de execução lento, e necessita de uma mão de obra com maior quantidade. Essa ordenação, independentemente de ser muito utilizada, tem faculdades negativas, como um alto desperdício de material, não padronização dos métodos construtivos, e dificuldades em realizar fiscalizações.

Outro fator predominante, que colabora com a atual logística, é a escassez de conhecimento de outros sistemas construtivos, se limitando sempre ao sistema convencional (VASQUES, 2014).

Segundo Wambeke, *et al* (2011), o procedimento construtivo é um processo complexo, composto por um agrupamento de tarefas interdependentes e sequenciais, à vista disso, desencadeia variações durante o processo, em que essas variabilidades consistem na diferença do tempo em que foi planejado, ao que realmente aconteceu, podendo afetar o desempenho da produtividade.

Contudo, os métodos construtivos das edificações de pequeno porte estão sujeitos a todos os problemas processuais que englobam a execução de uma obra, logo, é papel da engenharia promover uma atenção maior a essas edificações, pois as mesmas pelo fato de serem empreendimentos de baixo investimentos, sujeitam-se a construir sem presença de profissionais habilitados. Após pesquisa feita em 2015 pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU-BR) e o Instituto Datafolha, conferiu-se que das pessoas que construíram ou reformaram, apenas 15% contrataram serviços de profissionais tecnicamente habilitados.

Entretanto, deve-se compreender que obras de pequeno porte também vão acomodar pessoas, logo, normas de segurança devem ser atendidas de forma efetiva. Para tal, o intuito claro desse trabalho é analisar de forma efetiva a metodologia construtiva, seguindo critérios normativos de desempenho e durabilidade das obras de pequeno porte nas cidades de Solonópole e Mombaça, no sertão central do estado do Ceará, que utilizam o sistema construtivo convencional. Tendo-se como objetivos específicos a análise dos cobrimentos mínimos, relação água/cimento, estanqueidade e desempenho estrutural, nas obras abordadas. Ao propor o estudo de caso, pode-se

distinguir e pontuar onde estão acontecendo os possíveis erros, e conceituar em quais pontos essas variações deveriam ter sido evitadas, deste modo, propor soluções para essas falhas executivas. Com essa organização metodológica, o estudo contribui com valor da profissão e sua importância na qualidade dos processos construtivos de uma obra.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aspectos gerais e históricos

O ser humano, em sua essência, exige naturalmente condições mínimas para sua sobrevivência. Tem a necessidade de abrigar-se em proteção para poder renovar a suas energias, desta forma faz-se necessário criar habitações. Segundo Allen e Iano (2013), edifica-se, pois, a maioria das atividades humanas não é possível serem realizadas em espaços abertos. Os autores citam que o ser humano necessita de abrigo contra o sol, chuva, neve e vento, contudo é fundamental criar plataformas secas e niveladas. Dentro das habitações é necessário ar, algumas vezes mais quente ou frio, menos luz durante o dia e mais durante a noite, dependendo das condições climáticas naturais. Eles citam que, atualmente depende-se de energia, água, depósito de resíduos e comunicações. Diante de tal exposto, reúne-se matérias que possa edificar habitações que atendam tais necessidades.

Ao longo dos séculos as edificações no Brasil foram sendo modificadas devido ao seu processo histórico. A herança da colônia extrativista, as diversas influências pelos povos e culturas, e a presença marcante dos índios e africanos, contribuíram para configurar a construção atual de edificações (CASSAR, 2018).

De acordo com Cassar (2018), os índios faziam uso de materiais que tinham a disposição na natureza, e a maneira de construir e pensar como sociedade era pontualmente diferente de seus colonizadores. Segundo Vargas (1994), já os portugueses trouxeram diferentes técnicas de construção, baseando-se como principal padrão tijolos e blocos, aplicando também materiais naturais que se encontravam à disposição. Nesse período, essas técnicas eram provindas da Europa, logo, foram adaptadas ao meio e às condições naturais de trabalho coloniais.

Assim, a construção com tijolos se decorreu ao longo dos anos, como principal meio de edificar habitações. Com o avanço da sociedade brasileira, e de toda Europa, a forma de construir e pensar em casas começou a sofrer mudanças. Diante do exposto, a chegada da família real ao Brasil serviu como impulso para o desenvolvimento da urbanização (VARGAS, 1994). De acordo com Telles (1984), com a chegada da corte portuguesa no Brasil, foram criadas escolas de engenharia e militares, desta forma, começam a serem colocadas em prática as teorias e os métodos científicos já estabelecidas.

Ainda com base em Cassar (2018), um grande impulsionador da construção foi a utilização do aço. Com o aumento da demanda e urbanização, observou-se um grande aumento na demanda de produtos metálicos, devido a suas múltiplas funções, contudo, o aço virou matéria prima fundamental para construções de casas e outras formas de moradia. Para Barros (1996), as construções passaram a ser mais verticalizadas, como consequência, os componentes estruturais passaram a ter uma importância fundamental. Para esse desenvolvimento, a construção concentrou-se na produção do concreto. A alvenaria teve seu uso menos comum como sistema estrutural, ela tem limitações quando comparado a outros sistemas, ficando apenas com a função de vedação em edifícios mais altos. Diante desse exposto, o sistema convencional no Brasil é composto por estruturas de concreto armado utilizando-se alvenaria de blocos cerâmicos como vedação vertical.

O aço alavancou, de forma pontual, a concepção e a execução das edificações, sendo utilizado em peças no momento da concretagem, logo, surgindo o concreto armado. Pois, para Caldeira (2001), a falta de indústria siderúrgica e a influência da arquitetura europeia, marcou a linguagem formal da arquitetura moderna brasileira, que obteve como componente estrutural o concreto armado, logo, constituindo-se o principal sistema construtivo da construção civil, que com os avanços tecnológicos se tornou o sistema construtivo convencional.

2.2 Normas Técnicas

A execução de uma edificação é um procedimento de grande complexidade, pois trata diretamente de segurança e bem-estar de vidas. Durante o processo, exige-

se diversos cuidados e requisitos a serem atendidos, desde a elaboração até a execução do projeto. Para esses requisitos de segurança e bem-estar, ao longo dos anos foram elaboradas regulamentações, com o objetivo de assegurar os sistemas construtivos e procedimentos de execução. Contudo, para Sorgato, *et al* (2014), é necessário que as habitações proporcionem conforto e segurança a seus usuários, e que ao longo da vida útil da edificação, ela possa sempre atender as necessidades dos seus habitantes.

Para a elaboração das melhores recomendações técnicas faz-se uso da ABNT, que é um órgão destinado a criar normas para a normatização dos diferentes procedimentos dentro do país. Para Cassar (2018), o guia de normas para a construção civil é extenso, abrindo desde questões voltadas a elaboração dos projetos até a execução dos procedimentos. Para isso, o autor indica que todos os envolvidos da construção civil tenha conhecimento normativo, pois sua aplicação é necessária e obrigatória. Diante de tal manifesto, será abordado algumas das principais normas vigentes, para que sirvam como complemento e embasamento científico, promovendo melhores análises dos métodos, e sistemas construtivos. No sistema construtivo convencional, temos diversos subsistemas. Bastos (2006), diz que o sistema construtivo convencional é composto por vários componentes, nos quais se encontra o concreto, vedação composta por materiais cerâmicos, revestimentos, argamassas e concreto armado. Para tal, aborda-se algumas normas relativas ao sistema construtivo convencional e seus métodos de execução, são elas:

- 1- ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho
- 2- ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

2.2.1 ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho

A NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, tem uma grande importância para todo o seguimento de construção habitacional. A norma traça parâmetros técnicos que avalia uma edificação residencial em diversos aspectos, relacionando às demandas dos seus habitantes e suas necessidades. Sendo assim, é admitido que o desempenho esteja ligado diretamente aos comportamentos durante o uso da edificação. Nas edificações, o comportamento está ligado às condições

mínimas de uso, sendo necessário o conforto térmico, luminosidade, segurança e o conforto acústico, para que seja possível a utilização da edificação (SACHS e NAKAMURA, 2013). Por se tratar de conceitos relativos, alguns pontos podem variar de acordo com suas localidades e particularidades, como, fatores climáticos e percepções diferentes de habitação.

Conforme a NBR 15575 (2013), os critérios de desempenho são fundamentos quantitativos dos requisitos mínimos, sendo assim, cria-se uma determinação objetiva. Os parâmetros foram baseados na ISO 6241 (1984), onde foram adaptados para o cotidiano brasileiro, no qual foi previsto doze critérios para o desempenho de uma edificação, conforme a tabela a seguinte.

Tabela 1 - Critérios de desempenho

ITENS	ISO 6241 (1984)	NBR 15575 (2013)
1	Estabilidade estrutural e resistência a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas	Desempenho estrutural
2	Resistência ao fogo	Segurança contra incêndio
3	Resistência à utilização	Segurança no uso e na operação
4	Estanqueidade	Estanqueidade
5	Conforto higrotérmico	Desempenho térmico
6	Conforto acústico	Desempenho acústico
7	Conforto visual	Desempenho lumínico
8	Durabilidade	Durabilidade e manutenibilidade
9	Higiene	Saúde, higiene, e qualidade do ar
10	Conforto tátil	Funcionalidade e acessibilidade
11	Conforto antropométrico	Conforto tátil e antropodinâmico
12	Qualidade do ar	Adequação ambiental

Fonte: Adaptado de Possan e Demoliner (2015)

Por tratar-se de critérios e desempenho para as edificações, a NBR 15575 deve ser levada em consideração nos sistemas construtivos, como também nos métodos construtivos, para conferir a aplicação desses parâmetros normativos que são obrigatórios. Os parâmetros vistos na pesquisa do projeto se limitaram em desempenho estrutural e estanqueidade das estruturas, no qual foram agrupados no estudo. Os demais parâmetros não foram abordados por se tratar de etapas posteriores ao período de extração de dados das obras.

2.2.1.1 Desempenho Estrutural

Para existir desempenho adequado das estruturas, a NBR 15575 (2013) cita seus requisitos mínimos a serem atendidos. A norma estabelece inicialmente seus parâmetros iniciais gerais, onde aplica-se parte desse entendimento no presente trabalho.

A estrutura deve atender, durante a vida útil de projeto, as condições de exposição das armaduras, que são protegidas pelos cobrimentos mínimos, a fim de apresentar resistência adequada para seu determinado uso, constando estabilidade em todos seus elementos estruturais, que é consequência de um dimensionamento correto das armaduras e da resistência mínima a compressão do concreto (BERTINI, 2013).

O autor ainda cita que deve ser atendida a sensação de segurança dos usuários, onde eles devem sentirem-se confortáveis ao utilizar-se da estrutura. Não deve apresentar estados de fissuras ou vazamentos em suas vedações, tampouco causar cargas excessivas não dimensionadas aos elementos estruturais. Para os demais parâmetros de segurança abrange-se toda temática teórica do cálculo estrutural, visando a atender os requisitos dos estados limites da estrutura, e comprovados adequados por meio dos ensaios disponíveis para as respectivas situações.

Para o estudo, compreende-se como um bom desempenho estrutural os parâmetros gerais da norma, no qual aborda suas características de proteção às exposições e resistências mínimas, que será trabalhada segundo a NBR 6118 (2014).

2.2.1.2 Estanqueidade

Para a NBR 15575 (2023), a exposição do empreendimento em relação a água deve ser tratada de forma preventiva, pois a presença de umidade provinda das chuvas, do solo e do uso da edificação, causa o aceleração de mecanismos patológicos nos elementos em contato com o fluido.

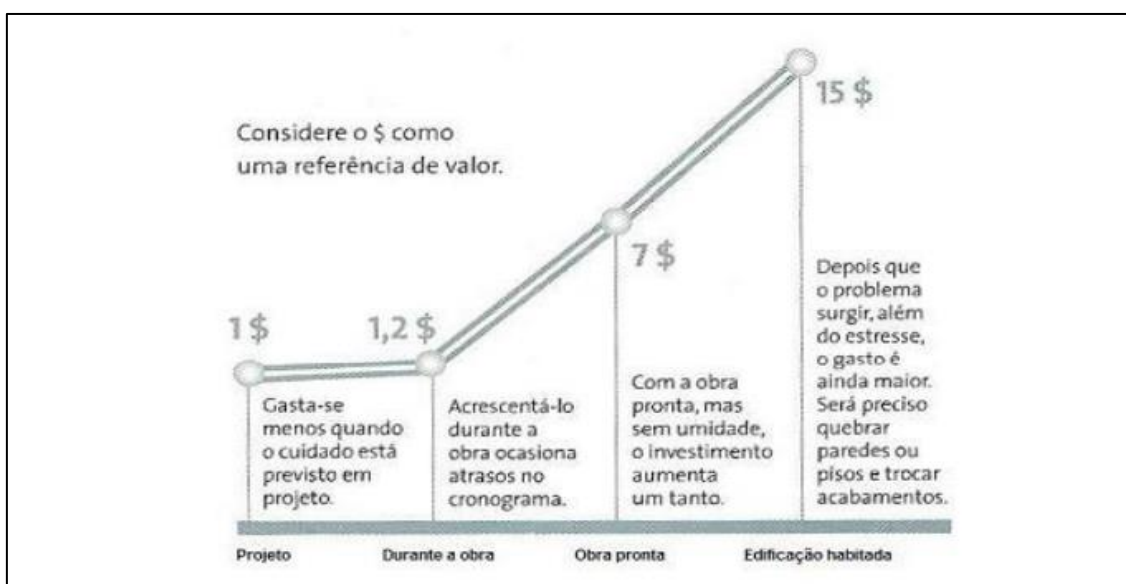
Desta forma, deve ser previsto nos projetos iniciais a prevenção adequada das estruturas em contato com a umidade. Adequação necessária para águas pluviais por meio de drenagens, impermeabilização dos elementos em contato com o solo, a fim

de impossibilitar a penetração dos líquidos nas fundações e pisos e fechamentos das ligações entre um elemento e outro (BERTINI, 2013).

O estudo tem-se como foco a análise dos elementos em contato com solo, pois segundo Soares (2014), a infiltração nas estruturas tem se tornado um problema recorrente nas edificações por falta de mecanismos de impermeabilizações e pouca fundamentação teórica no assunto. O autor aponta que vem se tornando frequente o interesse na área por influência do desconforto econômico gerado, e por ter soluções já estudadas sobre prevenção da estanqueidade das estruturas.

Para Venturini (2009), os gastos com os problemas relativos à impermeabilização vão ficando cada vez mais caros ao decorrer tempo, logo, quanto mais preventivamente for tratada, menos gasto conceberá. A seguir explicita-se essa afirmação de forma gráfica, que correlaciona os valores gastos com o período de vida útil da edificação.

Figura 1 – Gasto conforme o tempo da edificação.



Fonte: Venturini (2009).

2.2.2 ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

Aborda-se essa norma com o intuito de embasar de forma coesa o estudo sobre o concreto armado, pois é dele que se obtém a concepção estrutural no sistema construtivo convencional, que, segundo Bauer (1994), na construção, é necessário a

implantação da estrutura de concreto armado, pois funciona como a disposição estrutural.

A NBR 6118 (2014), define como concreto estrutural que aquele no qual sua trabalhabilidade funciona através da aderência das armaduras no concreto, onde não se aplica alongamentos antes da materialização dessa aderência.

Por tanto, é do concreto estrutural quem obtemos os componentes da concepção estrutural, no qual a norma especifica-os de acordo com suas geometrias e funcionalidades. Segundo a NBR 6118, os elementos são placas ou lajes, cujo sua função é absorver as cargas normais, as vigas, elementos sujeitos predominantemente a esforços de flexão, e os pilares, elementos no qual predomina-se as forças normais de compressão.

Para a NBR 6118, as estruturas apresentam seus estados limites, que definem como elas se comportarão ao receber os esforços, dividido em estado limite último (ELU), relacionado diretamente ao colapso da estrutura, e estado limite de serviço (ELS), quando a estrutura está sujeita a deformações.

Contudo, a norma descreve as ações em que uma estrutura pode estar sujeita, dividindo em dois grupos: ações permanentes (Que ficarão na estrutura ao longo de toda sua vida), e ações variáveis (que mudam de acordo com as solicitações, tanto climáticas como artificiais).

2.2.3 Sistema Construtivo Convencional

O sistema construtivo mais utilizado no Brasil é o sistema construtivo convencional, para edificações residenciais, com suas estruturas reticuladas em concreto armado e tendo-se alvenaria em blocos cerâmicos como vedação. Para a execução desse sistema o método utilizado é feito praticamente todo em canteiro de obra, com um emprego de mão de obra pouco qualificada, e se caracterizando como uma construção pouco industrializada (CASSAR, 2018).

Para Nascimento (2007), o sistema de alvenaria tem origens milenares, no qual começou com um simples agrupamento verticalizado de blocos de diversos tipos de materiais, com um intuito de se chegar a um determinado objetivo construtivo. Atualmente, segundo Vasques (2014), o sistema convencional é composto por

diversas etapas e peças, sendo elas os pilares, vigas e lajes de concreto armado, onde os vãos serão vedados por alvenarias. Nessa concepção estrutural o peso é distribuído para vigas, pilares e as fundações, por conta disto, a alvenaria em alguns casos se torna um elemento de vedação. Diante do exposto, o autor expressa que para realizar o procedimento de construção é cabível aos arquitetos promover um estudo e viabilização de uma planta baixa, para que no seguinte o engenheiro possa prosseguir com o cálculo estrutural, dimensionando as resistências e características do concreto e suas armaduras, em função das cargas que a edificação estará submetida.

Como já dito por Bastos (2006), fica evidente que esse sistema construtivo é contemplado por diversos componentes estruturais, pilares, vigas, lajes e fundações, que são submetidos aos parâmetros normativos da NBR 6118.

2.4 Métodos Construtivos

Como já exposto por Wambeke et al (2011), o processo construtivo é um conjunto de procedimentos complexos e que exige tarefas sequenciais adequadas, para que possa ser evitadas variações de projeto e de desempenho de uma determinada edificação.

Por tanto, realizou-se a análise dos métodos construtivos dos principais elementos do sistema construtivo convencional. Analisou-se as fundações quanto as suas questões de impermeabilização, os elementos de concreto armado, laje, viga e pilar. Foi abordado seus cobrimentos mínimos, relação água/cimento e as resistências mínimas a compressão, de acordo com a tabela das classes de agressividade ambiental da NBR 6118 (2014).

A execução de uma edificação deve sempre atender as exigências dos usuários. Segundo o “guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho”, do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU, 2015), a estrutura da norma é elaborada segundo os elementos da edificação, e deve sempre ser levado em conta as condições dos seus usuários. Os métodos construtivos além de atenderem as condições estruturais adequadas, deve visar o conforto e as necessidades de seus usufruidores. Os elementos analisados são apresentados a seguir, junto aos seus relativos procedimentos de execução.

2.4.1 Fundação

Para Milititskuy *et al* (2007), a fundação funciona como um elemento de transição, entre estrutura e solo, e seu comportamento está ligado diretamente com o que acontece no solo.

Para uma fundação ser adequada ela deve apresentar um bom fator de ruptura, da estrutura que a compõe e do solo afetado pelas cargas e recalques. A escolha de uma fundação passa por diversos fatores os quais contribuem para a determinação do tipo dela. Os principais fatores são os parâmetros do solo, nível do lençol freático, resistência do terreno, topografia, e a profundidade até a camada de resistência (CASTRO, 2005).

Os tipos de fundações são variáveis de acordo com a estrutura e suas cargas, e o solo a qual a irá se posicionar. Segundo Oliveira (2012), as fundações podem ser profundas ou superficiais, o que as diferem uma da outra, de acordo com a NBR 6122 (2019), é que, fundações profundas são aquelas onde sua base está implantada a mais de duas vezes a sua menor dimensão, e que esteja a no mínimo 3 metros de profundidade, conforme explica as seguintes imagens.

Figura 2 - Fundação rasa

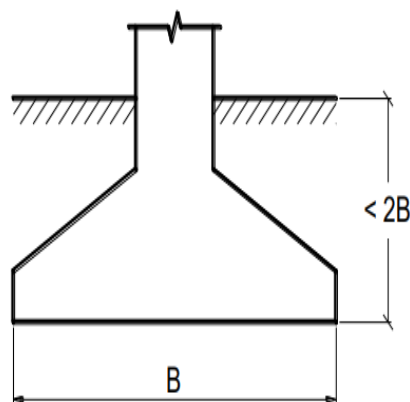
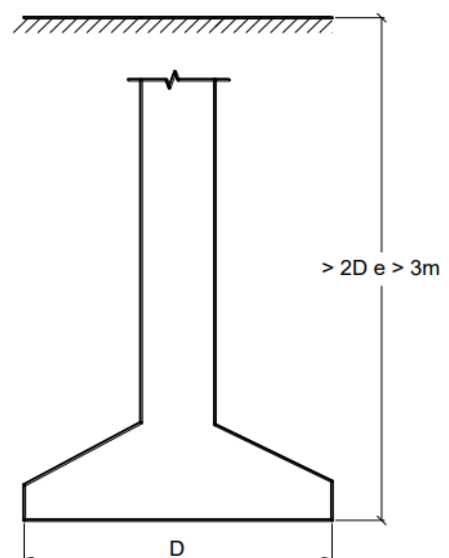


Figura 3 – Fundação profunda



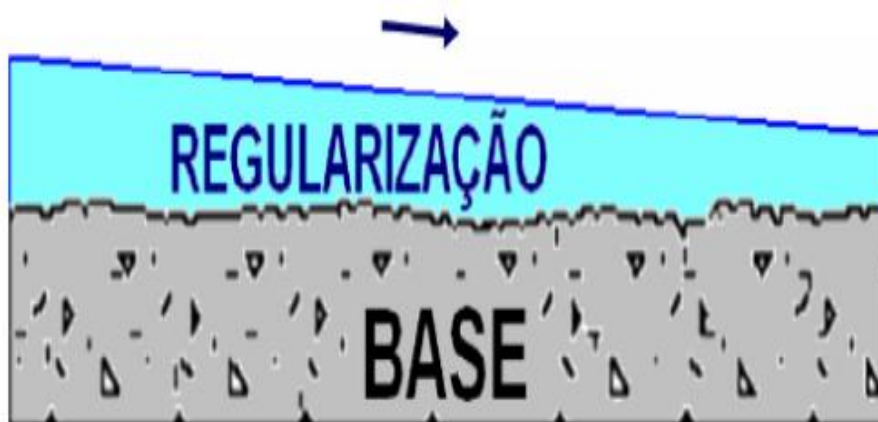
Fonte: Bastos (2016).

Por tanto, as fundações devem se ater aos critérios de desempenho da NBR 15575, quando no seu quarto parâmetro, a norma exige que as edificações apresentem estanqueidade, logo, faz-se necessário o procedimento de impermeabilização.

Para Sampaio et al (2022), caso ocorra problemas com infiltração e umidade, a edificação será atingida em sua durabilidade de projeto, e ainda proporcionará gastos de manutenção para solucionar os problemas da estrutura afetada. Segundo a NBR 9575 (2010), estanqueidade é a propriedade de um elemento de impedir a penetração e/ou passagem de fluidos através de si. Para a norma o processo de impermeabilização é um conjunto de técnicas construtivas composta por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções de ações de fluidos, umidade e vapores.

De acordo com Souza, et al (2019), deve-se seguir os seguintes passos para elaborar uma impermeabilização. Primeiro, preparar e nivelar as superfícies a serem impermeabilizadas. A superfície deve estar limpa e seca. Deve-se sempre evitar ângulos agudos e sempre deixar caimentos em caso de superfícies expostas, para passagem da água. A argamassa deve ser preparada com areia lavada, cimento e água limpa, e depois aplicar o produto impermeabilizante escolhido de acordo com suas especificações. A regularização citada deve seguir a ilustração da figura 4, deixando uma inclinação necessária para o escoamento da água.

Figura 4 – Superfície regularizada



Fonte: Freitas (2013), apud Souza, et al (2019).

Conforme explicado, deve-se aplicar um produto impermeabilizante nas regiões que receberão umidade, para permitir atender os itens de estanqueidade, higiene e durabilidade das estruturas. Segundo Righi (2009), os impermeabilizantes são classificados conforme sua flexibilidade. A NBR 9575 (2010) os dividiu em dois grupos, os impermeabilizantes rígidos e os flexíveis. Impermeabilização rígida são aquelas utilizadas para locais cujo suas deformações são limitadas e pouco expostas a alterações climáticas. Já as impermeabilizações flexíveis são utilizadas em zonas mais flexíveis, sujeita a fissuração e exposição dos efeitos climáticos. Deste modo deve escolher os impermeabilizantes de acordo com a norma, pois ao utilizá-los de maneira inversa, a impermeabilização terá seu rendimento afetado.

A figura 5 ilustra a aplicação de um impermeabilizante do tipo emulsão asfáltica, que se enquadra como um impermeabilizante flexível, e sua escolha foi diretamente liga ao tipo de zona que será impermeabilizada.

Figura 5 – Impermeabilização com emulsão asfáltica



Fonte: Freitas (2013), apud Souza, et al (2019).

2.4.2 Elementos de concreto armado

O presente trabalho tem como propósito analisar através de um estudo de caso, os resultados e impactos da aplicação ou não aplicação, das técnicas e direcionamentos dos métodos construtivos.

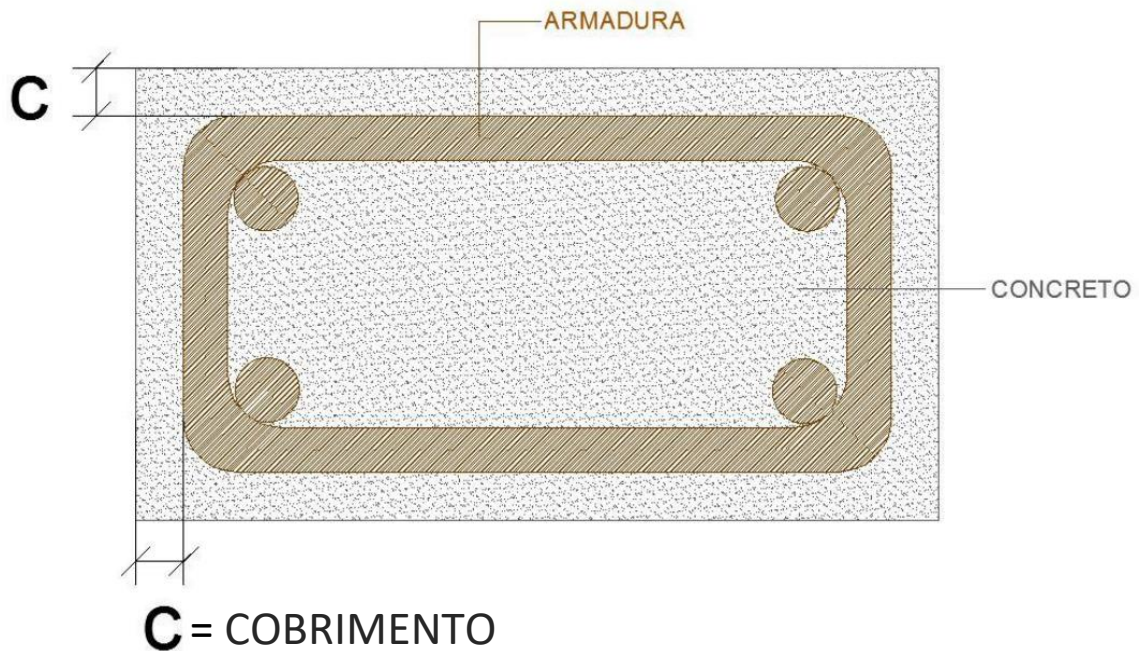
O concreto é um material composto, que contempla uma pasta capaz de unir partículas, onde o aglomerante é constituído pelo cimento hidráulico, para os agregados, tem-se comumente, a areia, pedregulho, rocha britada, escórias de alto forno, pedrisco entre outros materiais (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Os elementos estruturais de concreto armado usados nas edificações do sistema construtivo convencional são as lajes, vigas e pilares. Por tanto, esses elementos estruturais devem seguir padrões de acordo com a norma apresentada. Para a NBR 15575 (2010), o primeiro critério de desempenho é o estrutural, ou seja, antes de qualquer outro parâmetro criterioso, a edificação deve apresentar sobretudo, a segurança estrutural. Segundo Nakamura (2013), a vida útil de um projeto define o tempo em que a estrutura fornecerá o desempenho projetado, logo, é necessário que se cumpra todas as etapas de execuções de acordo com as normas, para que esses objetivos sejam atendidos.

Um dos fatores mais importantes para o desempenho estrutural é garantir a proteção das armaduras dos elementos de concreto armado, para Silva (2012), os cuidados nas construções não devem ser tomados somente nas resistências mecânicas, mas também nas durabilidades, contudo deve-se manter sempre atenção para cumprir os cobrimentos mínimos das armaduras, como, também, resistência a compressão do concreto.

O cobrimento das armaduras depende tanto da qualidade do concreto, quanto da sua espessura necessária, no qual o cobrimento mínimo deve cobrir todas as armaduras do elemento, sendo medido da face externa do elemento até a armadura mais próxima (TAKATA, 2009).

Figura 6 – Identificação do cobrimento



Fonte: Adaptado de Silva (2012).

Diante do exposto, a NBR 6118 (2014) estabelece parâmetros para que sejam cumpridas as determinações de durabilidade do concreto no tocante a cobrimentos das armaduras e qualidade do concreto. Para tanto, são analisados os cobrimentos de acordo com as Classes de Agressividade Ambiental (CAA). No item 6.4.1 da norma, define agressividade ambiental como ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto. A classe de agressividade ambiental, segundo a NBR 6118, é apresentada na tabela a seguir, e a partir dela podemos obter os cobrimentos mínimos, relação água/cimento e a resistência a compressão do concreto.

Tabela 2 – Classe e agressividade ambiental

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

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

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

Com base na tabela 2, pode-se determinar os próximos parâmetros a serem seguidos, para o desempenho do concreto armado. No item 7.4.2, segundo a NBR 6118 (2014), é permitido o uso da tabela da classe de agressividade ambiental para obter os parâmetros de durabilidade do concreto. Na falta de ensaios comprobatórios existe uma forte correspondência com a relação água/cimento e a resistência a compressão.

Tabela 3 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	Concreto armado	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
Classe de concreto	Concreto armado	≥ <i>Fck</i> 20	≥ <i>Fck</i> 25	≥ <i>Fck</i> 30	≥ <i>Fck</i> 40

Fonte: Adaptada da NBR 6118 (2014).

A NBR 6118 (2014), assegura a necessidade de cobrir as armaduras, pois devem estar protegidas da corrosão, dessa forma a norma salienta a que o projeto e a execução devem considerar os cobrimentos mínimos, logo, as dimensões das armaduras e os espaçadores precisam estarem de acordo com o projeto, conforme a tabela a seguir.

Tabela 4 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento mínimo

Tipo de estrutura	Elemento estrutural	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento em mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga e pilar	25	30	40	50
	Elementos em contato com o solo ^d	30	40	50	

b) para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

c) nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

d) no trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: Adaptada da NBR 6118 (2014).

A importância de garantir que a estrutura de concreto armado esteja devidamente espaçada, é evidenciada por Oliveira (2014), ao diagnosticar que na construção civil, a variação no cobrimento dos elementos estruturais acontece por a maioria das empresas não realizarem um procedimento padrão no inserimento e distribuição dos espaçadores.

Com a função de conservar a armadura na posição especificada em projeto, um espaçador pode ser plástico, metálico, de concreto ou de argamassa, sendo o metálico menos utilizado em obras. O espaçador de argamassa leva vantagem, pois além de poder ser fabricado na própria obra, é de baixo custo. O plástico é de fácil colocação, porém apresenta valor elevado em comparação aos demais, (MENEZES; AZEVEDO, 2009). As figuras 7 e 8 representam os tipos de espaçadores mais utilizados no setor da construção civil.

Figura 7: Espaçadores de argamassa



Fonte: Autores (2023).

Figura 8: Espaçadores de plástico



Fonte: Pedreira (2023).

A produção de espaçadores feito in loco, chamados popularmente de “cocadas”, tem uma produção simples e eficiente, sendo, geralmente, elaborados com argamassa e arame recozido. A imagem a seguir mostra o último processo de produção dos espaçadores, onde se encontra em espera para cura da argamassa.

Figura 9: Produção de espaçadores



Fonte: Autores (2023).

Segundo a NBR 6118 (2014), como visto no presente trabalho, adere-se uma forma de correlacionar dados da relação Água/Cimento do concreto com sua resistência mínima. Logo, é possível fazer essa verificação pelo traço utilizado no canteiro de obras.

Segundo Andolfato (2002), o traço do concreto é a dosagem dos elementos nele composto, que tem por finalidade correlacionar as proporções adequadas dos materiais utilizados, para atender a resistência desejada e a plasticidade eficiente do concreto. Para o autor, as dosagens são métodos semiempíricos para criação dos traços, onde é feita com a observação da trabalhabilidade do concreto e os resultados dos testes de resistência dos corpos de prova em laboratórios.

Pode-se entender que o traço adequado para determinada aplicação é aquele que obedece aos parâmetros normativos, ou seja, é aquele que atinge a resistência mínima de norma com maior coeficiente de impermeabilidade possível (JANSEN 2023).

Na imagem abaixo trata-se de um processo de verificação da resistência do concreto, logo, esse procedimento comprovará se o traço aplicado atenderá os parâmetros normativos. Desta forma, como a norma explicita, caso a relação água/cimento seja atendida, a tendência é que seja obtidos resultados positivos dos ensaios laboratoriais.

Figura 10: Concreto produzido e sendo levado para ensaio



Fonte: Autores (2023).

3. METODOLOGIA

Para efetivação do estudo, que em sua primeira parte revisa bibliograficamente através de artigos científicos, revistas, normas e pesquisas, sobre os métodos do sistema construtivo convencional e suas principais normas de desempenho estrutural, onde essas informações são o ponto de partida para a análise em campo, pois com o aprofundamento do tema, a perspectiva de análise se torna mais clara, contribuindo para melhor direcionamento e precisão de resultados do caso estudado.

3.1 Método

Para analisar os métodos construtivos em obras de pequeno porte, foram realizadas visitas técnicas em diferentes empreendimentos, a fim de avaliar a execução dos principais métodos construtivos de acordo com as normas técnicas, nos quais, os estudos bibliográficos embasam resultados precisos e seguros. Para o estudo de caso, o lugar, a escolha do tipo de obra e a abordagem, é realizada de maneira sequencial e planejada.

Foi analisado obras em duas cidades, Solonópole-CE e Mombaça-CE, com o objetivo de caracterizar os métodos construtivos realizados em ambas as regiões, ao comparar-se dados coletados aos parâmetros normativos estudados, é oferecido ao leitor diferentes lentes e perspectivas de observação. As cidades do sertão central cearense fornecem resultados e observações, que se tornam de suma importância para leitores e pesquisadores da região, interessados no assunto abordado e, sobretudo, entender os anseios da região central do Ceará.

3.2 Amostra

Os tipos de obras de pequeno porte escolhidos foram obras de residência unifamiliar e obras comerciais, em cada cidade. Com essa formulação, os tipos de obras são comparados de uma cidade com outra, analisando seus erros e qualificações em comum, podendo comparar tanto empreendimentos residenciais quanto comerciais, para, a partir de seus resultados, promover as discussões necessárias.

Os empreendimentos da cidade de Mombaça/CE seguem o ordenamento de empreendimento comercial, seguido do empreendimento residencial. O empreendimento comercial “Galpão Comercial”, localizado nas margens da CE 363, bairro Recreação, no qual será abordado como OBRA 1, está ilustrado na imagem 11, e o empreendimento residencial escolhido é uma obra de residência unifamiliar, que está localizada na rua Antônio Felinto Granjeiro, bairro Tejubana, que será trabalhado como OBRA 2, ilustrado na imagem 12.

Figura 11: Empreendimento comercial, obra 1, em projeto.



Fonte: Autores (2023)

Figura 12: Empreendimento residencial, obra 2.



Fonte: Autores (2022)

Para o estudo na cidade de Solonópolis/CE, com o mesmo ordenamento feito anteriormente, foram selecionados os seguintes empreendimentos: Empreendimento comercial “Atacarejo Antônio de Ozório”, localizado no Largo Vereador Odorino Filho, 102 – centro, trabalhada com o nome OBRA 3, ilustrado na figura 13, e Empreendimento residencial residência unifamiliar, Sítio Maretas, localizada a 15km da cidade, onde será trabalhada com nome OBRA 4, ilustrada na imagem 14.

Figura 13: Empreendimento comercial, obra 3.



Fonte: Autores (2022)

Figura 14: Empreendimento residencial, obra 4.



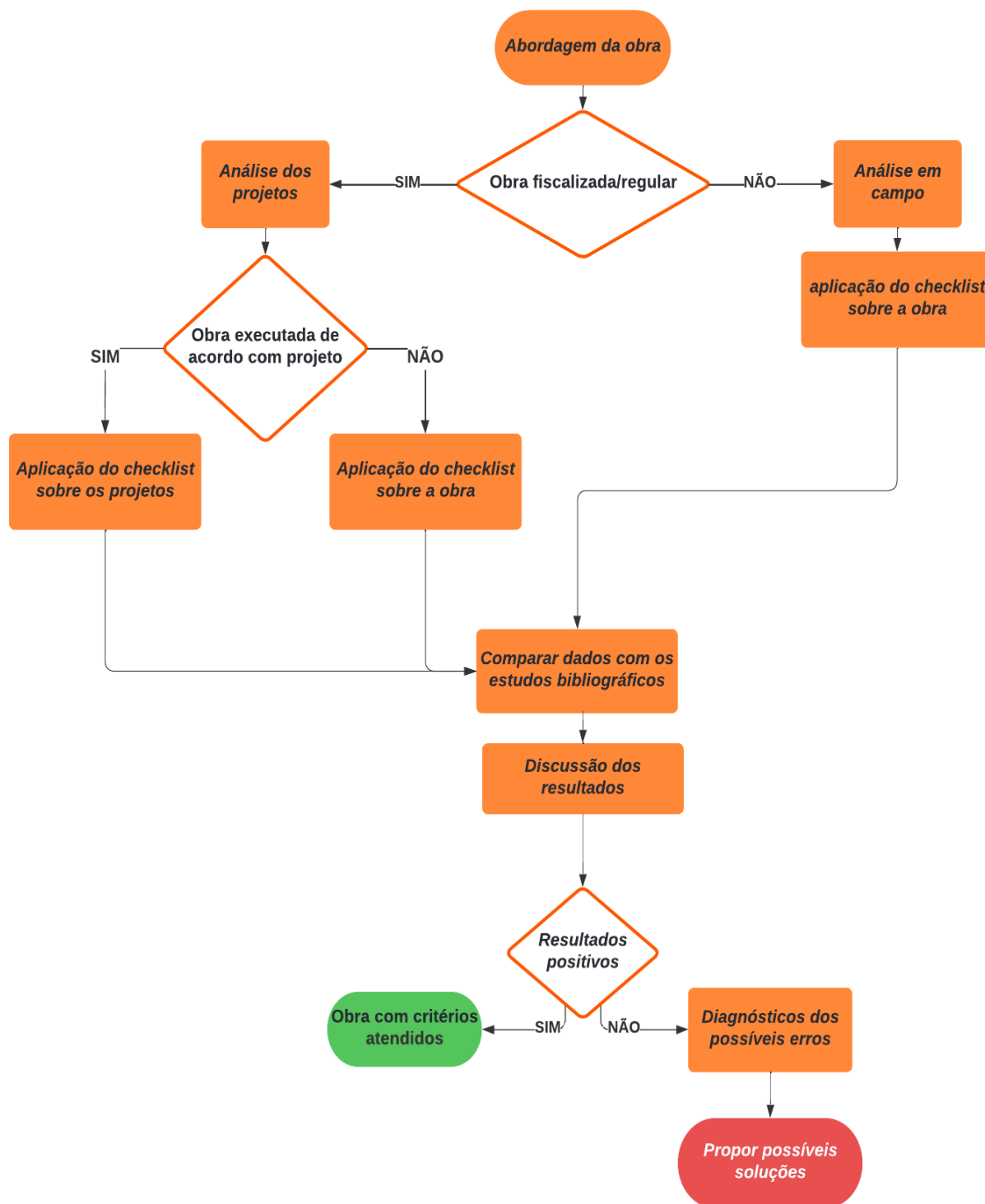
Fonte: Autores (2022)

3.3 Coleta dos Dados

Para analisar as obras foi elaborado um checklist com o intuito de conferir os parâmetros que foram abordados no presente trabalho, confeccionado com os dados úteis das normas abordadas. Com a coleta de dados partindo, também, do ponto ótico do dia a dia vivenciado em obra, pode-se extrair informações para além do que se é tratado no checklist, pois entende-se que a presença do pesquisador no empreendimento fornece perspectivas em que somente ele pode aparelhar.

O processo de abordagem para promover o estudo de caso foi decorrido conforme o procedimento apresentado na figura 15.

Figura 15– Procedimento do estudo de caso



Fonte – Autores (2022)

Com o preenchimento do checklist, serão avaliados os resultados para, a partir deles, decorrer com as discussões e propor possíveis soluções. A checagem é contemplada com os parâmetros de desempenho da NBR 15575 (2013) para desempenho estrutural e estanqueidade, assuntos abordados no trabalho.

Tendo como o entendimento de desempenho estrutural os requisitos gerais e iniciais da norma, por meio da análise previa dos parâmetros da NBR 6118 (2014), pode-se compreender que as especificações contidas nos estudos teóricos de cálculo de armaduras já são atendidas nas obras que contemplam projetos estruturais.

Para o estudo da estanqueidade, é analisada as estruturas em contato direto com o solo, no caso mais comum, as fundações. Tendo como seus requisitos atendidos a execução de acordo com o apresentado na fundamentação teórica. A imagem a seguir representa a verificação da presença de impermeabilização nas estruturas de fundação.

Figura 16 – Fundação impermeabilizada



Fonte – Autores (2023)

Para NBR 6118 (2014), os assuntos pesquisados foram em relação aos cobrimentos mínimos, F_{ck} mínimo e, relação água/cimento de acordo com a classe de agressividade ambiental, analisados conforme as ilustrações das tabelas adaptadas.

Para o auxílio do preenchimento do questionário foram utilizadas ferramentas de nível acessível, como trenas métricas e nível de mangueira, para verificação de aceitabilidade dos parâmetros normativos. Houve acompanhamento observatório diário, abordagem de profissionais envolvidos na obra, para abduzir informações teóricas, como traço de concreto utilizado, método construtivo de cada etapa estrutural, e informações técnicas do ambiente onde se localiza o empreendimento.

A figura a seguir ilustra um exemplo prático da coleta de dados do cobrimento mínimo de uma laje. A medição foi realizada com o auxílio de uma trena para comprovação das especificações citadas em projeto.

Figura 17 – Medição de cobrimento de laje



Fonte – Autores (2023)

A colocação dos espaçadores em pilares é um procedimento simples, onde a amarração deste elemento é feita entre a forma e a armadura, com distância e tamanhos definidos em projeto. A imagem a seguir ilustra a realização do procedimento, acompanhado por profissional tecnicamente habilitado.

Figura 18 – Medição de cobrimento de pilar



Fonte – Autores (2023)

A colocação de espaçadores em vigas segue o mesmo procedimento adotado para lajes e pilares. Sua medição também foi realizada com auxílio de trena métrica como apresentado na figura a seguir.

Figura 19 – Medição de cobrimento de viga



Fonte – Autores (2023)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados obtidos

Na tabela 5, apresenta-se informações referentes as obras em função do procedimento do fluxograma aplicado sobre elas.

Tabela 5 – Resultados gerais

Cidade:	Mombaça		Solonópole	
	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Obra 4
Parâmetros para classificar o controle da obra				
Presença de profissional habilitado	Sim	Não	Sim	Não
Existência de projeto	Sim	Não	Sim	Não
Executada de acordo com o projeto	Sim	Não	Não	Não
Desempenho estrutural	Sim	Não	Não	Não
Estanqueidade	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autores (2023).

Como pode-se analisar, o estudo apontou uma correlação inicial entre obras comerciais e a presença do profissional habilitado que, por consequência contempla assiduidade de projetos, implicando-se um bom desempenho estrutural. Nesta ótica, o trabalho apontou que obras residenciais não seguiram a lógica das obras comerciais, logo, não contemplando profissionais habilitados, no que induziu a ausência de projetos. Para a estanqueidade, todas as obras obedeceram ao estudo.

4.1.1 Resultados da Obra 1

Obra 1, “Galpão Comercial”, localizada no município de Mombaça/CE, de característica comercial, elaborada em blocos de concreto para vedação, sistema estrutural em concreto armado, contando com a presença de profissional habilitado e com classe de agressividade ambiental nível I – Fraca.

A representação dos dados, ilustrados através da tabela 6, resume os resultados medidos em obra, indicando que todos os elementos estruturais tiveram seus cobrimentos mínimos atendidos, com um percentual positivo moderado em relação aos normativos.

Tabela 6 – Resultados da Obra 1 (cobrimentos)

Classe de agressividade ambiental: I - Fraca			
Cobrimentos mínimos (mm)	Pilar	Viga	Laje
NBR 6118	25	25	20
Medidos em obra	30	26,5	20,8
Erro percentual médio (%)	16,67	5,66	3,85

Fonte: Autores (2023).

A representação dos dados, ilustrados através da tabela 7, indica um percentual positivo para a relação água/cimento, desta forma, atendendo os requisitos normativos. Segundo a NBR 6118 (2014), existe a tendência provável do F_{ck} ter valores acima de 20 Mpa , portanto, garante a qualidade e a resistência estrutural exigida em projeto.

Tabela 7 – Resultados da Obra 1 (a/c)

Classe de agressividade ambiental: I - Fraca	
Relação A/C (NBR 6118)	$\leq 0,65$
Relação A/C (medida)	$\leq 0,62$
Erro percentual médio (%)	4,62

Fonte: Autores (2023).

4.1.2 Resultados da Obra 2

Obra localizada no município de Mombaça/CE, de característica residencial, elaborada com alvenaria de vedação, sistema estrutural em concreto armado, e laje do tipo treliçada, sem a presença de profissional habilitado e com classe de agressividade ambiental nível II – Moderada.

A tabela 8 a seguir, resume os resultados das medições feitas em obra. Indicou que os resultados excederam de forma negativa em relação aos parâmetros normativos. Com os cobrimentos ultrapassados do limite adotado pela norma,

consequentemente aumenta-se o volume de concreto, causando uma sobrecarga extra na estrutura, podendo tender a futuras patologias. O elemento estrutural mais afetado foi a laje, tendo demasia de 40,9 %, distribuídos pelas vigas e pilares.

Tabela 8 – Resultados da Obra 2 (cobrimentos)

Classe de agressividade ambiental: II - Moderada			
Cobrimentos mínimos (mm)	Pilar	Viga	Laje
NBR 6118	30	30	25
Medidos em obra	40,1	40,2	42,3
Erro percentual médio (%)	25,19	25,37	40,9

Fonte: Autores (2023).

A tabela 9 a seguir, ilustra a relação água/cimento da obra 2, apresentando percentual negativo segundo a norma. Na relação a/c de norma, exige-se o mínimo de 0,60 para obter uma resistência maior ou igual a 25 *Mpa*, contudo, conforme o medido, existe a forte correspondência de não se obter a resistência mínima do concreto. Um dos fatores observados foi a adição da água em concreto já produzido, com intenção de melhorar a sua trabalhabilidade, causando o excesso do líquido. Tal situação se faz presente de forma recorrente em obras residenciais por não terem o acompanhamento técnico da produção do material.

Tabela 9 – Resultados da Obra 2 (a/c)

Classe de agressividade ambiental: II - Moderada	
Relação A/C (NBR 6118)	≤ 0,60
Relação A/C (medida)	≤ 0,69
Erro percentual médio (%)	13,04

Fonte: Autores (2023).

4.1.3 Resultados da Obra 3

Obra 3, “Atacarejo Antônio de Ozório”, localizada no município de Solonópole/CE, classificada como obra comercial elaborada em alvenaria de vedação, pilares e vigas em concreto armado, laje do tipo nervurada, contando com acompanhamento de profissionais habilitados. A classe de agressividade registrada foi do nível II – Moderada.

A tabela 10 esboça valores satisfatórios medidos em obra. Conforme o representado, todos os elementos tiveram seus cobrimentos mínimos atingidos de forma precisa ao apresentar pequenas variações percentuais.

Tabela 10 – Resultados da Obra 3 (cobrimentos)

Classe de agressividade ambiental: II - Moderada			
Cobrimentos mínimos (mm)	Pilar	Viga	Laje
NBR 6118	30	30	25
Medidos em obra	30	30,2	25,3
Erro percentual médio (%)	0	0,66	1,19

Fonte: Autores (2023).

A relação água/cimento medida foi apenas dos pilares, onde eles foram concretados com o material produzido *in loco*, compondo resultados positivos ilustrados na tabela 11. Os demais elementos estruturais foram preenchidos com concreto usinado. Nota-se que a obra 3, apresenta resultados negativos para seu desempenho estrutural. Em averiguações posteriores do concreto usinado, foi constatado em ensaios laboratoriais que a resistência mínima do concreto das lajes e vigas, não foi atendida, ocasionando falha na concepção estrutural. Os pilares tiveram sua resistência mínima atingida.

Tabela 11 – Resultados da Obra 3 (a/c)

Classe de agressividade ambiental: II - Moderada	
Elemento estrutural:	Pilar
Relação A/C (NBR 6118)	≤ 0,60
Relação A/C (medida)	≤ 0,58
Erro percentual médio (%)	-0,33

Fonte: Autores (2023).

4.1.4 Resultados da Obra 4

A obra 4 é uma residência localizada no município de Solonópole/CE. Por se tratar de uma obra na zona rural, sua classe de agressividade ambiental é de nível I – Fraca.

Os cobrimentos mínimos não foram atendidos, ao contrário da Obra 2 que ultrapassou de forma excessiva, esses atingiram valores abaixo do mínimo desejado. Nota-se que os pilares e as vigas tiveram um erro percentual maior, ocasionando maior capacidade de exposição das armaduras ao longo da vida útil do empreendimento, como apresentado na tabela a seguir.

Tabela 12 – Resultados da Obra 4 (cobrimentos)

Classe de agressividade ambiental: I - Fraca			
Cobrimentos mínimos (mm)	Pilar	Viga	Laje
NBR 6118	25	25	20
Medidos em obra	15,1	15,2	18,2
Erro percentual médio (%)	-39,6	-39,2	-9

Fonte: Autores (2023).

A tabela 13 apresenta resultados insatisfatórios da relação água/cimento. Como exposto, pode-se notar mais uma vez o uso excessivo da água em obra residencial. A ação se torna presente em canteiros de obras ao não contar com a presença de profissionais habilitados. O erro obtido ocasiona enfraquecimento no concreto, conseqüentemente tende a não atingir o F_{ck} de norma.

Tabela 13 – Resultados da Obra 4 (a/c)

Classe de agressividade ambiental: I - Fraca	
Relação A/C (NBR 6118)	$\leq 0,65$
Relação A/C (medida)	$\leq 0,72$
Erro percentual médio (%)	-9,72

Fonte: Autores (2023).

4.2 Discussões

Tendo como base os estudos abordados no trabalho, pode-se apontar que a presença de profissionais habilitados, projetos, acompanhamento técnico, foi de forma unânime nos empreendimentos comerciais.

Ao entrevistar os envolvidos com a obra, foi mencionado que a opção por profissionais habilitados se deu por compreender que empreendimento com essas características, exigem acompanhamento técnico, tendo em vista a necessidade de mão de obra especializada.

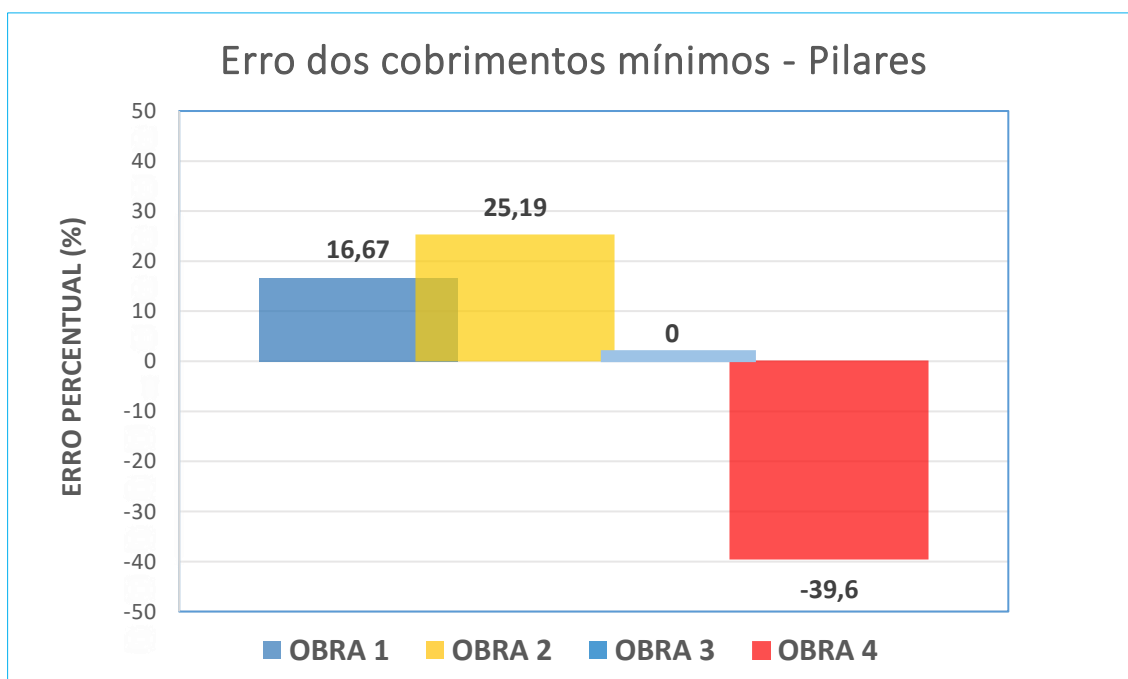
Para as edificações residenciais, os resultados deram-se de maneira insatisfatória, tendo como principal desvantagem a ausência de profissional habilitado, logo, não apresentando resultados positivos para os requisitos normativos, que se dão pela inexistência de projeto, desta forma, apresentando diversas falhas nos métodos construtivos.

4.2.1 Desempenho estrutural – NBR 6118 (2014) e NBR 15575 (2013)

Em se tratando de cobrimento mínimo de pilares, vigas e lajes, obteve-se resultados satisfatórios em obras com acompanhamento técnico. O inverso aconteceu em obras residenciais, onde a ausência de profissional habilitado culminou em percentuais negativos para exigências normativas.

Em primeiro momento, aborda-se resultados dos erros percentuais de todas as obras relativos aos cobrimentos mínimos, ilustrados nos gráficos abaixo. É adotado uma padronização para a seleção de cores dos elementos gráficos. Para resultados aceitáveis, utilizou-se de cor azul, para resultados moderados, amarelo, e para resultados negativos, foi usado vermelho. Os percentuais positivos representam a ultrapassagem dos valores mínimos. Para valores em percentuais negativo indica-se que o valor mínimo não foi atingido, logo, quando maior, mais distante do normativo.

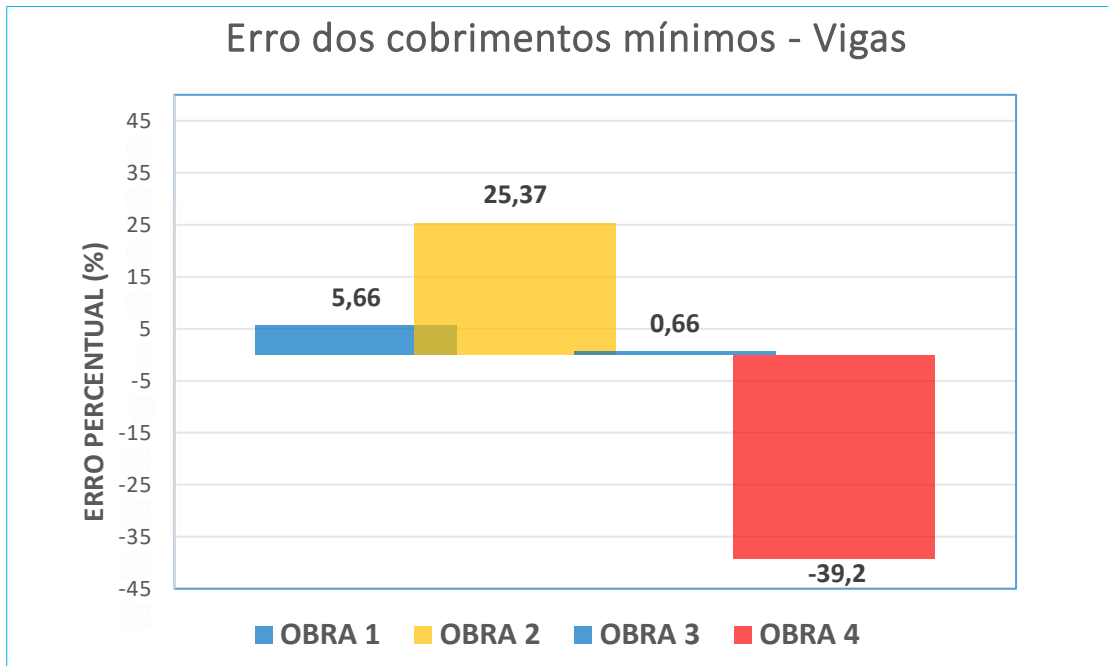
Figura 20 – Erro dos cobrimentos mínimos – Pilares



Fonte: Autores (2023).

A figura 21 ilustra graficamente os erros percentuais de acordo com os dados bibliográficos dos cobrimentos das vigas, seguindo os parâmetros de legendas e cores acima.

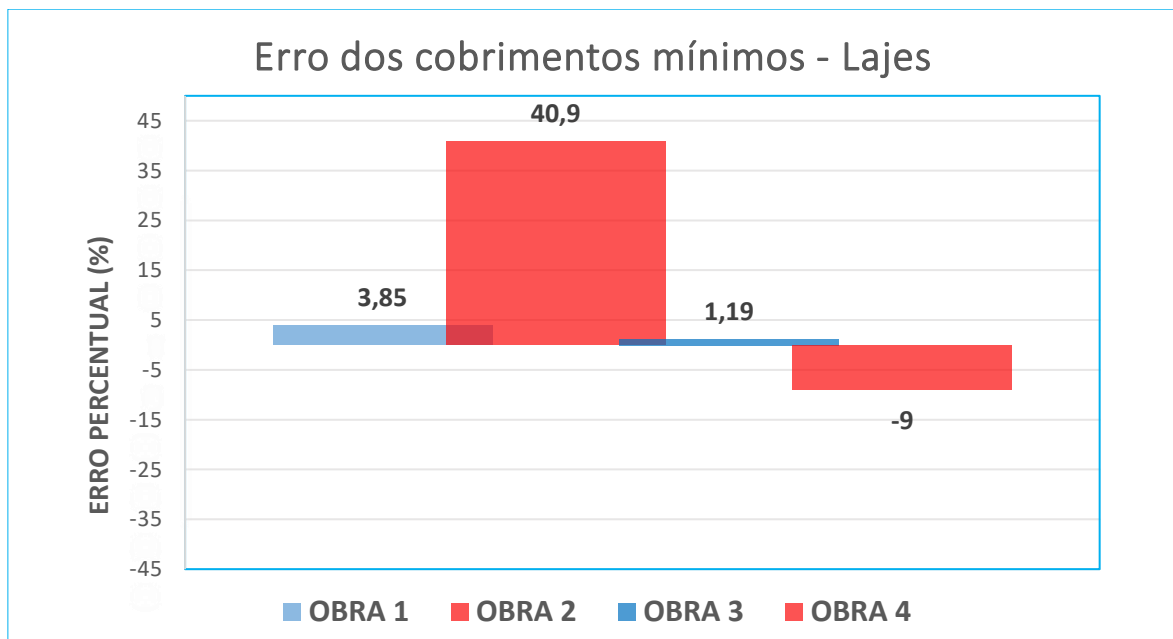
Figura 21 – Erro dos cobrimentos mínimos – Vigas



Fonte: Autores (2023).

A seguir, é representado graficamente na figura 22 os erros percentuais relacionados as lajes. Os parâmetros de cores e legendas seguem os padrões supracitados.

Figura 22 – Erro dos cobrimentos mínimos – Lajes



Fonte: Autores (2023).

Como apresentado acima, a Obra 1 forneceu resultados satisfatórios para os cobrimentos mínimos. No decorrer do estudo de caso, percebeu-se uma atenção assídua dos profissionais habilitados em capacitar os funcionários da obra para atender os requisitos de projeto e os parâmetros das normas, logo, promovendo métodos construtivos bem elaborados.

Os métodos construtivos para a elaboração dos espaçadores tiveram precisão assertiva na Obra 1, tendo um procedimento padronizado de fabricação e amarração dos elementos geradores de espaço, apresentando um cobrimento moderadamente acima do que exigido em norma. Ao questionar a decisão aos profissionais, eles repassaram que a opção por colocar 1 centímetro a mais do que o requisito mínimo, partiu-se da análise do ambiente, no qual se encontra em nível I para classe de agressividade ambiental, mas que em breve a localidade pode receber novos empreendimentos e, conseqüentemente, ruas, poluição, crescimento do tráfego, sistema de saneamento, entre outros, no que implicaria na elevação do nível de agressividade ambiental.

A Obra 3 apresentou graficamente excelente desempenho quanto aos cobrimentos, por ser contemplada com todos os projetos necessários, acompanhamento diário de engenheiro civil, presença constante do arquiteto para propor debates, tratando de compatibilidade de projetos estruturais com planta arquitetônica e soluções para possíveis erros.

Os métodos construtivos referente a Obra 3 para elaboração e instalação de espaçadores, foram executados de forma precisa em relação ao projeto e a NBR 6118. A etapa de fabricação dos espaçadores deu-se de forma exata, com formas bem esquadrejadas e niveladas para o recebimento do material constituinte, permitindo que todos os elementos não apresentem variações em suas medidas. Portanto, a correlação entre acompanhamento técnico e execução adequada da obra, é provada no estudo das duas obras comerciais.

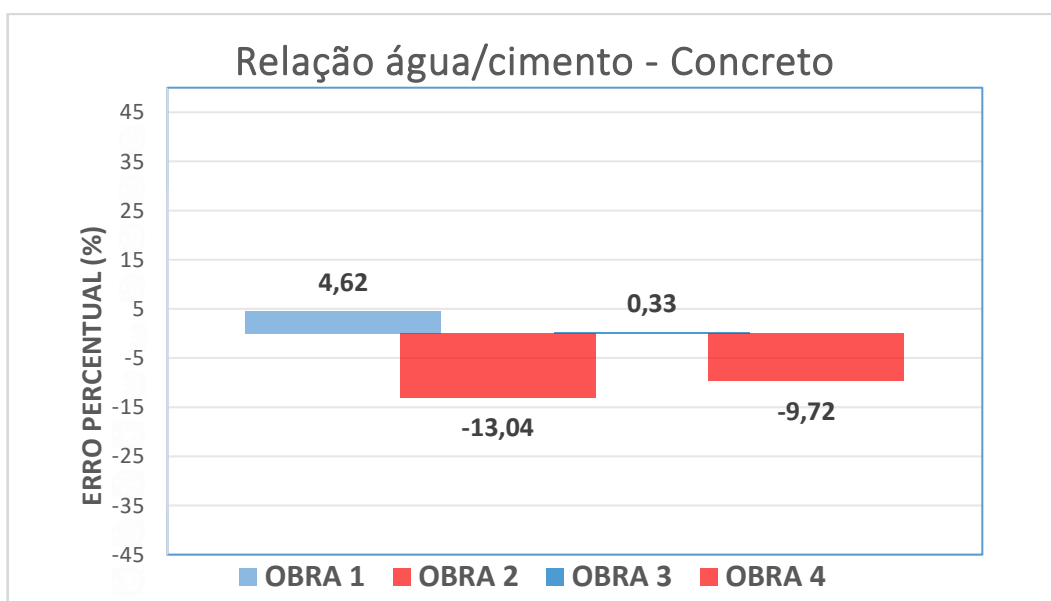
A Obra 2 por sua vez apresentou inconstâncias nos procedimentos dos métodos construtivos, notou-se a não preocupação com os cobrimentos das armaduras. Ao questionar o motivo da escolha do tamanho dos espaçadores, foi esclarecido que a obra estaria copiando informações de outros empreendimentos. Constatou-se que, o empreendimento no qual foi retirado como exemplo, apresentava

características de agressividade ambiental elevada em relação a localidade da obra 2, assim como a ausência de desempenho satisfatório para o método de colocação dos espaçadores e sua fabricação, deixando, por vezes, peças com variação de tamanho. As falhas dos métodos construtivos nessa etapa podem ter como consequência o aumento de cargas permanentes na estrutura, pois como cita a norma, deve-se evitar sobrecargas extras permanentes nas estruturas.

A Obra 4 dispôs de resultados abaixo do que se exige a norma. Em todos os seus elementos o cobrimento mínimo não foi atendido, apontando-se a tendência de os elementos estruturais desenvolverem problemas relacionados a exposição de suas armaduras, promovendo futuras patologias como a diminuição da seção transversal do aço. Ao estar presente no canteiro de obras, foi possível averiguar que em grande parte dos elementos não havia a presença de espaçadores ou espaçamento inadequado destes, assim, dificultando a correta aplicação dos métodos construtivos na obra. Os espaçadores disponíveis na obra não apresentaram uma medição padronizada nem adequada, e em quantidades insuficientes.

A relação água/cimento tem correlação normativa com a resistência mínima do concreto, na qual, é pré-requisito inicial para um bom desempenho estrutural. O gráfico na figura 23 esboça o quadro percentual de erros da relação/água cimento. Segue-se como padrão de cores e legendas os dados citados anteriormente.

Figura 23 – Erro da relação água/cimento



Fonte: Autores (2023).

É possível analisar que a Obra 1 e a Obra 3, contemplaram resultados positivos. Na primeira, o erro foi positivo, logo, tendendo superar o resultado do F_{ck} mínimo, pois de acordo com a tabela 3, quanto menor a relação A/C , maior a resistência do concreto. Os procedimentos de fabricação do concreto decorreram de forma correta, obedecendo ao traço planejado em projeto.

Os resultados da Obra 3, como apresentado na tabela 11, foi analisado através de pesquisa somente os pilares, pois estes foram elaborados com o concreto feito em canteiro de obra. Os demais elementos estruturais foram concretados com concreto usinado transportados por caminhão betoneira, cujo este apresentou uma falha pontual na resistência do material. Devido ao acompanhamento técnico, a obra dispôs de todos os controles de qualidade do concreto, por consequência das ações. Foi diagnosticado que as lajes e vigas concretadas com o concreto usinado, apresentando resultados distantes dos mínimos, desta forma, se tornando inviável qualquer tipo de reparo da concepção estrutural. Contudo, a solução encontra foi a demolição, seguido de uma nova concretagem.

Figura 24 – Demolição da laje – Obra 3



Fonte: Autores (2022).

A figura 24 trata do processo de correção do erro encontrado. O desempenho da edificação foi considerado negativo, como citado na tabela 5, e comprovado em laboratório através de ensaios, no qual mediu-se a resistência à compressão do concreto armado. Os ensaios laboratoriais foram feitos pela empresa Montante Engenharia Ltda, na qual disponibilizou os relatórios para o estudo presente. A figura 25 ilustra os valores do F_{ck} dos elementos estruturais, onde apresentou resultados abaixo do esperado de 30 Mpa em projeto.

Figura 25 – Resultados laboratoriais – Obra 3



4.0 RESULTADOS

Constam na Tabela 1, os valores das resistências à compressão dos corpos de prova de concreto (testemunhos), da estrutura de concreto armado do Supermercado Atacarejo Antônio de Ozório, localizado na Rua Vereador Francisco Odorico Pinheiro s/n, no Bairro Centro na Cidade de Solonopole no Estado do Ceará com os seus respectivos valores iniciais e corrigidos, conforme preconiza a ABNT NBR 7680-1/2015.

Ident. Amostra	Elementos ensaiados	Ø do CP (mm)	Altura do CP (mm)	Coeficiente de correção				Força (kgf)	$f_{ci, ext,}$	$f_{ci, ext,}$
				K1	K2	K3	K4		Inicial (MPa)	corrigido (MPa)
ExtL2	Laje L2	98	179	-0,01	0,06	0,00	-0,04	9.320	12,1	12,2
ExtL4	Laje L4	97	131	-0,06	0,06	0,00	-0,04	5.960	7,9	7,6
ExtV5	Viga V5	75	150	0,00	0,09	0,05	-0,04	7.310	16,2	17,8
ExtV23	Viga V23	97	193	0,00	0,06	0,05	-0,04	5.880	7,8	8,3
ExtL6	Laje L6	97	155	-0,03	0,06	0,00	-0,04	6.910	9,2	9,1

Fonte: Montante Engenharia (2022).

Para a obra 2 e 4, os erros apontaram uma forte tendência de não ser atingido o mínimo de resistência do concreto. As análises em campo apontaram como principal erro a adição de água no concreto já produzido, como forma de melhorar a sua trabalhabilidade, conseqüentemente diminuindo o F_{ck} do material. Esse comportamento foi diagnosticado em ambas as obras e repetidas vezes, afetando diversos elementos estruturais, no que se implica em um método de má execução.

4.2.2 Estanqueidade

Como apresentado na tabela 5, a estanqueidade obteve valores satisfatórios em todas as obras, sendo executada da forma estudada. A impermeabilização das estruturas é uma etapa necessária para a promoção da qualidade e da durabilidade da obra, logo, se tornando um problema de pontual ênfase, SANTANA (2022).

Por tanto, como discutido no presente trabalho, devido os custos causados pela não impermeabilização das estruturas causarem gastos onerosos ao decorrer do tempo, o assunto se tornou amplamente citado na construção civil, tornando-se comum a realização de procedimentos corretos de impermeabilização em obras, inclusive em edificações sem acompanhamento técnico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo comprovou, nas obras analisadas, que o envolvimento de uma equipe tecnicamente habilitada proporciona às edificações, execução normatizada, conseqüentemente segura, logo, é possível comprovar que erros cotidianos em adequação das estruturas aos cobrimentos mínimos, concreto com boa resistência e traços bem elaborados, são evitados. Grandes erros são diagnosticados, como na obra 3 foi identificado um erro crítico, que foi solucionado de forma correta e imediata, onde seria improvável a detecção e correção do problema em uma obra irregular. Contudo, o estudo atinge um de seus objetivos ao mostrar a necessidade do acompanhamento do engenheiro civil na construção de empreendimentos.

A pesquisa sobre os anseios da região do sertão central cearense, apontaram indícios de irregularidades em obras residenciais, nas quais compõe maior parte no cenário abordado. As duas obras residenciais tiradas como amostra não abrangiam fiscalização, conseqüente, facilitando a irregularidade técnica, sujeitando-se a construir apenas com profissionais não habilitados, sem conhecimento aplicado das técnicas normativas aos métodos construtivos.

Portanto, as falhas dos métodos construtivos no sistema convencional de construção foram causadas pela desinformação da equipe construtora da edificação,

logo, implica-se que, a falta de profissional habilitado causou um quadro negativo de erros, nos quais tem como consequência um desempenho estrutural não atendido corretamente.

Neste seguimento, a solução proposta para os erros apresentados gira em torno da presença do engenheiro civil nas obras, para que isso aconteça os órgãos fiscalizadores devem se comportar de forma frequente e periódica na construção civil.

Os processos de confecção de elementos nas edificações mostram-se eficientes em obras acompanhadas e ineficientes em obras irregulares, assunto discutido e comprovado graficamente na investigação abordado no presente artigo.

Para a estanqueidade, como discutido, os custos causados pela não impermeabilização das estruturas causa gastos onerosos ao decorrer do tempo, conseqüentemente o assunto se tornou abordável amplamente na construção civil, mostrando procedimentos corretos de impermeabilização em obras, inclusive em edificações sem acompanhamento técnico. Desta forma, como o estudo das impermeabilizações se tornou popular, os outros parâmetros que englobam as obras podem e devem fazer parte do conhecimento geral. Porém, em momento nenhum deve-se optar por construir sem a presença do engenheiro civil.

5.1 Sugestões para futuros trabalhos

Ao decorrer da confecção do trabalho e do aprofundamento da pesquisa, observou-se a necessidade de novos estudos e propostas nesta área, porém não foram desenvolvidos por se tratar de novas ramificações, ficando as seguintes sugestões de estudo:

- Realizar estudo com uma quantidade maior de cidades para obtenção de resultados mais precisos sobre a localidade escolhida;
- Ideia de produção de equipamentos mais uteis para a medição e produção dos espaçadores;
- Desenvolver metodologias que auxiliem na disposição dos espaçadores;
- Metodologia que auxilie na padronização do método de escolha da classe de agressividade ambiental;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Eduardo; IANO, José. **Fundamentos da Engenharia de Edificações-: Materiais e Métodos**. Bookman Editora, 2013.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: **Impermeabilização: Seleção e Projeto. Segunda edição 17/09/2010**. Rio de Janeiro, 2010.

AZEVEDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo. 422 p. Tese de Doutorado. Escola politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

BASTOS, P.S. **Notas de aula de sapatas de fundação**. Curso de graduação em engenharia civil. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2016

BASTOS, Paulo S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2006. Faculdade de Engenharia, departamento de engenharia civil. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>

BAUER, L A Falcão. **Materiais de construção**. 5ª edição. Rio de Janeiro: RJ. LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. 935p

BERTINI, Alexandre Araújo; MARTINS, José Carlos; THOMAZ, Ercio. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. 2013.

CALDEIRA, Rita de Cássia Spironelli Ramos. **Contribuição ao estudo das possibilidades permitidas pelo sistema estrutural em aço nos edifícios brasileiros: um estudo de caso**. Dissertação para mestrado. São Paulo: FAUUSP, Departamento de tecnologia. 2001.

CASSAR, Bernardo Camargo. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: Alvenaria convencional x Light Steel Frame**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

CASTRO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados**. Light steel framing. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CAU - Conselho de Arquitetura e Urbanismo, DATAFOLHA PESQUISA: <https://www.caubr.gov.br/pesquisa2015/como-o-brasileiro-constroi/>, Brasília, 2015.

CAU. Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, 2015. **Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho**. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wpcontent/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>

COCIAN, Luis Fernando Espinosa. **Introdução à engenharia**. Bookman Editora, 2016.

DE OLIVEIRA, Alexandre Magno et al. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações**. 2012.

JANSEN, Bryan Eduardo Moura; CAMACHO, Felipe Marcos. **Desenvolvimento de traço de concreto poroso para a produção de lajotas permeáveis por controle de porosidade**. 2023.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo JM. **Concrete: microstructure, properties, and materials**. McGraw-Hill Education, 2014.

MENEZES, L. F.; AZEVEDO, M. T. de **Análise da influência do cobrimento das armaduras na durabilidade das estruturas de concreto armado**. Salvador: Universidade Católica de Salvador, 2009.

MILITITSKUY, Jarbas. CONSOLI, Nilo Cesar. SCHINAID, Fernando. – **Patologia das Fundações**. Editora PINI, São Paulo, maio, 2007.

NAKAMURA, Juliana (2013). **Norma de Desempenho. Parte 1 comentada: Requisitos Gerais**. Publicado no website da revista Técnica.

NASCIMENTO, A. M. **A Segurança do Trabalho nas Edificações em Alvenaria Estrutural: Um Estudo Comparativo**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007

OLIVEIRA, A. B. **Cobrimento de armaduras de estruturas de concreto armado: levantamento de critérios adotados na utilização de espaçadores**. 2014. 88 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. 2015. Disponível : <<http://creaprw16.creaprw.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/14/10>>

QUEIROZ, Rudney C. **Introdução à engenharia civil: História, principais áreas e atribuições da profissão**. Editora Blucher, 2019.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RIGHI, Geovane Venturini et al. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e análise de casos**. 2009.

RUSSELL, Marion M. et al. **Application of time buffers to construction project task durations**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 139, n. 10, p. 04013008, 2013.

ROSSI, Fabrício. **Espaçadores de Armação, Passo a Passo. 2023**. Disponível em: <https://pedreiro.com.br/espacadores-de-armacao-passo-a-passo/>

SACHS, A.; NAKAMURA, J. **Desempenho revisado**. Técnica, n. 192, p. 42-49, março 2013.

SAMPAIO, Rafael Mancini; FERREIRA FILHO, Walter Gonçalves; FLORIAN, Fabiana. **A necessidade da impermeabilização nas edificações da construção civil**. recima21-revista científica multidisciplinar-issn 2675-6218, v. 2, n. 2, p. e211991-e211991, 2022.

SANTANA, Lucas dos Santos. **Patologias na construção civil devido a umidade**. 2022.

SANTIAGO, A.K.; RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, M.S. **Light Steel Framing como alternativa para a construção de moradias populares**. In: construmetal. 4ª edição, 2010, São Paulo. Congresso Latino-Americano da Construção Metálica. São Paulo, 2010.

SILVA, Otávio Saraiva Pinto da. **Cobrimento de armaduras em estruturas de concreto armado: análise comparativa entre o valor especificado em projeto e o em execução em obras na cidade de Porto Alegre**. 2012.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014.

SORGATO, Márcio José et al. **Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais**. Ambiente Construído, v. 14, n. 4, p. 83-101, 2014.

SOUZA DUTRA, Clézio Thadeu; LUMUANGIKI, Visi Paulo; DE SOUZA DUTRA, Vinicius Araújo. **Sistema de impermeabilização: Método de aplicação em fundações**. Projectus, V. 4, n. 3, p. 69-87, 2019.

TACLA, Zake. **O livro da arte de construir**. Editora Unipress, 1984.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas de concreto armado**. 2009. 149 f. Dissertação (mestrado em construção civil) – Programa de Pós-graduação em construção civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

TELLES, Pedro C. da Silva. **História da Engenharia no Brasil**. V.1. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro 1984.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). **World Urbanization Prospects: Revision**, (ST/ESA/SER.A/366). The 2018

VARGAS, Milton. **Para uma filosofia da tecnologia**. [S.l: s.n.], 1994.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares**. cognitivo/pós-graduação unilins, v. 1, n. 1, 2014.

VENTURINI, G.R. Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: **Patologias, Prevenções e Correções – Análise de Casos**. Santa Maria, RS, 2009. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria.2009

WAMBEKE, Brad W.; HSIANG, Simon M.; LIU, Min. **Causes of variation in construction project task starting times and duration.** Journal of construction engineering and management, v. 137, n. 9, p. 663-677, 2011.

BARRETO, José Maurício Lima. Relatório Técnico. **Determinação da resistência à compressão do Concreto, pelo método destrutivo (extração de Testemunho) e pelo método não destrutivo (esclerômetro de reflexão).** N° 102.2021, Fortaleza/CE, 2022.

APÊNDICIE A – Checklist para levantamento de dados em campo

DADOS DA OBRA			
Empreendimento:	I - RESIDENCIAL ()	II - COMERCIAL ()	
Data: / /			
Município:	I - MOMBANÇA ()	II - SOLONÓPOLE ()	
CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL			
I - FRACA ()	II - MODERADA ()	III - FORTE ()	IV - MUITO FORTE ()
CHECKLIST			
NÍVEL DE CONTROLE	SIM	NÃO	COMENTÁRIOS
Presença de profissional habilitado	()	()	
Existência de projeto	()	()	
Executada de acordo com o projeto	()	()	
Cobrimentos mínimos atendidos	()	()	
Fck utilizado corretamente	()	()	
Relação água cimento correta	()	()	
Desempenho estrutural	()	()	
Estanqueidade	()	()	