

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
COLEGIADO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**LAÍS CÔRTEZ PORTO SALLES**

**ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL EM  
PAREDES DE CONCRETO: PRÁTICAS E MÉTODOS ADOTADOS EM UMA  
OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**VITÓRIA – ES**

**2023**

LAÍS CÔRTEZ PORTO SALLES

**ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL EM  
PAREDES DE CONCRETO: PRÁTICAS E MÉTODOS ADOTADOS EM UMA  
OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr Milton Paulino da Costa Junior.

VITÓRIA – ES  
2023

LAÍS CÔRTEZ PORTO SALLES

**ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL EM  
PAREDES DE CONCRETO: PRÁTICAS E MÉTODOS ADOTADOS EM UMA  
OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Milton Paulino da Costa Junior**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Orientador**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Letícia Oliveira de Souza**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Examinador**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Sayonara Maria de Moraes**  
**Pinheiro**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Examinador**

VITÓRIA – ES, 18 de julho de 2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me sustentou durante todos os períodos da faculdade, além de Sua infinita graça e sustento em todo o processo de escrita, mesmo em meio às incertezas e frustrações.

Aos meus pais Ruy e Vívía e meu irmão Daniel por todo apoio e dedicação durante minha trajetória até o presente momento. Sem vocês não seria possível minha entrada na faculdade, tampouco meu desempenho durante esses anos.

Em especial, sou grata à minha mãe, que foi essencial para a entrega do presente trabalho. Não tenho palavras para agradecer suas contribuições, apoio e incentivo!

Ao meu amado marido Paulo Vinícius, meu parceiro de vida, por sua compreensão, amor e apoio incansável. Obrigada por estar ao meu lado, mesmo nos momentos mais desafiadores, e estar atento às minhas necessidades buscando me aliviar.

Ao meu orientador Milton Paulino, agradeço por suas correções e por toda colaboração, dedicação e paciência para que este trabalho fosse concluído.

Aos meus amigos e colegas da faculdade, pelo suporte emocional e incentivo, compartilhando conhecimento no centro acadêmico em meio às correrias da faculdade.

Às minhas amigas de longa data, por entenderem minha ausência em alguns momentos e incentivarem meu crescimento. Suas palavras foram essenciais para manter minha motivação ao longo dessa jornada.

A todos vocês, minha gratidão eterna. Sem a presença e apoio de cada um, a conclusão deste trabalho não seria possível. Sou extremamente grata por compartilharem essa conquista comigo.

*“Grandes coisas fez o Senhor por nós por isso  
estamos alegres”.*

(SALMOS 126:3)

## RESUMO

Com o avanço no desenvolvimento do concreto como material estrutural, desencadeou a necessidade do seu aperfeiçoamento a fim de garantir o atendimento aos requisitos básicos de durabilidade e segurança. Tais características podem ser afetadas por fatores, como baixa qualidade dos materiais constituintes, projeto inadequado e falta de conhecimento pelos construtores. Nesse contexto, o controle de produção do concreto assume função primordial na certificação do desempenho estrutural, a fim de garantir a longevidade e o atendimento aos padrões estabelecidos pelas normas regulamentadoras vigentes. Esse controle tecnológico vai muito além dos procedimentos adotados apenas na obra, somando-se a esses os procedimentos de todo processo de produção, manipulação, transporte e ensaios. Logo, o controle de qualidade realizado durante o processo produtivo do concreto visa ao atendimento às suas propriedades intrínsecas durante sua vida útil. Este trabalho tem como objetivo analisar práticas e métodos adotados em uma obra de construção civil, localizada em Vila Velha – ES, voltados ao controle realizado no processo produtivo do concreto autoadensável na execução de paredes de concreto. Tais práticas foram avaliadas num estudo de caso que utilizou como referência as normas técnicas, fazendo a correlação entre as diretrizes preconizadas por elas e o que, efetivamente, é realizado na obra. Para a pesquisa em campo foram elaboradas entrevistas com base nas normatizações e nas referências relacionadas ao tema do trabalho, que serviram como instrumentos de coleta de dados. Como parte das ferramentas de coleta, foram feitas observações diretas com registros fotográficos e análise documental. Nos resultados observou-se poucas falhas na execução, contudo, constatou-se que, de maneira geral, a obra estudada está alinhada aos procedimentos normativos quanto ao preparo do concreto, como as atividades de dosagem e mistura; à realização dos ensaios tecnológicos e, ainda, às técnicas de concretagem de elementos estruturais.

**Palavras-chave:** Concreto; Concreto autoadensável; Controle tecnológico; Normas Regulamentadoras; Paredes de concreto.

## ABSTRACT

With the advance in the development of concrete as a structural material, it triggered the need for its improvement in order to guarantee compliance with the basic requirements of durability and safety. Such characteristics can be affected by factors such as low quality of constituent materials, inadequate design and lack of knowledge by builders. In this context, concrete production control assumes a primary role in the certification of structural performance, in order to guarantee longevity and compliance with the standards established by the current regulatory norms. This technological control goes far beyond the procedures adopted only on site, adding to these, the procedures of the entire production, handling, transport and testing process. Therefore, the quality control carried out during the production process of concrete aims to meet its intrinsic properties during its useful life. This work aims to analyze practices and methods adopted in a civil construction work, located in Vila Velha - ES, aimed at the control carried out in the productive process of self-compacting concrete in the execution of concrete walls. Such practices were evaluated in a case study that used technical norms as a reference, making a correlation between the guidelines advocated by them and what, effectively, is carried out in the worksite. For the field research, interviews were prepared based on norms and references related to the work theme, which served as data collection instruments. As part of the collection tools, direct observations were made with photographic records and document analysis. In the results, few failures were observed in the execution, however, it was verified that, in general, the work studied is aligned with the normative procedures regarding the preparation of the concrete, such as the dosage and mixing activities, the accomplishment of the technological tests and, also, to the techniques of concreting structural elements.

**Keywords:** Concrete; Self-compacting concrete; Technological control; Regulatory Norms; Concrete walls.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Armazenamento do cimento na obra .....	22
Figura 2 – Armazenamento de areia e brita .....	23
Figura 3 – Diagrama de dosagem .....	26
Figura 4 – Medida do abatimento pelo molde tronco-cônico .....	28
Figura 5 – Classes do Índice de Estabilidade Visual .....	29
Figura 6 – Posicionamento das instalações e montagem das formas .....	36
Figura 7 – Vista das formas metálicas de um sistema de paredes de concreto .....	37
Figura 8 – Principais etapas da pesquisa .....	40
Figura 9 – Mapa de concretagem das paredes do segundo pavimento .....	53
Figura 10 – Medição do <i>Slump Test</i> .....	57
Figura 11 – Espalhamento do concreto durante <i>Flow Test</i> .....	59
Figura 12 – Moldagem dos corpos de prova .....	60
Figura 13 – Local de moldagem dos corpos de prova .....	61
Figura 14 – Mapa de concretagem das lajes do segundo pavimento .....	65
Figura 15 – Elevação da estrutura até o momento da visita .....	67
Figura 16 – Características previstas na obra quanto à resistência .....	68
Figura 17 – Vista das formas metálicas .....	69
Figura 18 – Vista das armaduras e instalações das paredes (1) .....	70
Figura 19 – Vista das armaduras e instalações das paredes (2) .....	70
Figura 20 – Vista das armaduras e instalações das paredes (3) .....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vida útil de cada sistema .....	18
Quadro 2 – Classes de Índice de Estabilidade Visual (IEV).....	28
Quadro 3 – Síntese da metodologia da pesquisa .....	40
Quadro 4 - Parâmetros identificados no projeto .....	51
Quadro 5 – Atendimento dos parâmetros quanto à norma .....	51
Quadro 6 – Informações fornecidas à central na solicitação do concreto .....	54
Quadro 7 – Descrição dos procedimentos realizados durante o molde dos corpos de prova (CP) .....	61
Quadro 8 – Considerações finais acerca dos procedimentos investigados.....	73

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABESC	Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
CAA	Classe de Agressividade Ambiental
IBRACON	Instituto Brasileiro de Concreto
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
$f_{ck}$	Resistência característica do concreto à compressão
$f_{cj}$	Resistência média à compressão, para a idade de j dias
$f_{ck,est}$	Valor estimado da resistência característica à compressão
$E_{ci}$	Módulo de elasticidade tangente inicial
$S_n$	Desvio-padrão
$a/c$	Relação água / cimento, em massa
$C_{nom}$	Cobrimento nominal da armadura
$C_{cim}$	Consumo mínimo de cimento por metro cúbico de concreto

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 ESTABELECEER LIMITES – O CONTEXTO EM QUESTÃO .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 PRODUÇÃO DO CONCRETO.....	17
2.1.1 Caracterização dos Materiais Constituintes .....	19
2.1.2 Estoque dos Materiais.....	21
2.1.3 Preparo do Concreto.....	23
2.1.3.1 Dosagem .....	23
2.1.3.2 Mistura .....	26
2.1.3.3 Ensaios Tecnológicos .....	27
2.1.4 Transporte .....	29
2.2 LOCAIS DE PRODUÇÃO, EXECUÇÃO E ESTUDO DO CONCRETO .....	30
2.2.1 Centrais de Concreto .....	30
2.2.2 Ensaios de Controle Tecnológico.....	30
2.3 CONTROLE DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO .....	31
2.4 CONCRETAGEM.....	32
2.4.1 Planejamento da Concretagem.....	32
2.4.2 Execução da Concretagem .....	32
2.4.2.1 Lançamento .....	32
2.4.2.2 Adensamento.....	33
2.4.2.3 Cura.....	34
2.4.2.4 Rastreabilidade .....	34
2.5 SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO .....	35
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	38
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO TRABALHO.....	38
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	40
3.2.1 Estruturação da Pesquisa .....	41
3.2.1.1 Revisão Bibliográfica.....	41
3.2.1.2 Definição da Amostragem.....	42
3.2.2 Coleta de Dados .....	43

3.2.2.1 Observação Direta .....	43
3.2.2.2 Entrevistas .....	44
3.2.2.3 Análise Documental .....	45
3.2.2.4 Aplicação dos Instrumentos de Coleta .....	46
3.2.3 Tratamento e Análise de Dados.....	46
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA, ENSAIOS LABORATORIAIS E CENTRAL.....	48
4.1.1 Obra e Ensaio Laboratoriais.....	48
4.1.2 Central.....	48
4.2 ANÁLISE DOS PROJETOS ESTRUTURAIS .....	50
4.3 ANÁLISE DAS PRÁTICAS ADOTADAS NA OBRA .....	53
4.3.1 Pedido e Programação .....	53
4.3.2 Atividades Preliminares.....	55
4.3.3 Recebimento.....	56
4.3.4 Controle Estatístico.....	60
4.3.5 Lançamento .....	63
4.3.6 Cura.....	64
4.3.7 Rastreabilidade .....	64
4.3.8 Documentos Investigados na Obra .....	65
4.4 PAREDES DE CONCRETO .....	66
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 ESTABELECEER LIMITES – O CONTEXTO EM QUESTÃO

O uso de materiais à base de cimentos é bem antigo. Os egípcios utilizavam gesso impuro; gregos e romanos, utilizavam calcário calcinado e, mais tarde, começaram a adicionar areia e pedra fragmentada ou fragmentos de tijolos ou telhas à mistura com água, formando, assim, o primeiro concreto da história (NEVILLE, 2016).

Atualmente, o concreto se apresenta como material de construção mais amplamente usado no país e no mundo. O seu alto índice de consumo pode ser atribuído as suas propriedades, como: boa resistência; durabilidade quando submetido a agentes agressivos; boa trabalhabilidade, adaptando-se a várias formas, conferindo liberdade na concepção do projeto; além das vantagens de seu baixo custo de fabricação (BATTAGIN, 2009).

Com o avanço no desenvolvimento do concreto como material estrutural, desencadeou a necessidade do seu aperfeiçoamento a fim de garantir o atendimento aos requisitos básicos de durabilidade e segurança (ISAIA, 2011). Tais características podem ser afetadas por fatores, como baixa qualidade dos materiais constituintes, projeto inadequado e falta de conhecimento pelos construtores (NEVILLE, 2010).

Nesse contexto, o controle de produção do concreto assume função primordial na certificação do desempenho estrutural, a fim de garantir a longevidade e o atendimento aos padrões estabelecidos pelas normas regulamentadoras vigentes. Esse controle tecnológico vai muito além dos procedimentos adotados apenas na obra, somando-se a esses, os procedimentos de todo processo de produção, manipulação, transporte e ensaios (PEREIRA, 2008).

Para Pereira (2008), a responsabilidade pela gestão de ensaios padronizados em laboratórios pertence tanto ao fornecedor do produto, como aos envolvidos na concepção da estrutura, devendo ser conferidas as características e propriedades do concreto de forma sistêmica, determinando sua aceitação.

Aspectos envolvendo a comparação de resultados obtidos com as especificações previamente estabelecidas são passíveis de investigação e

aprofundamento, a fim de fornecer subsídios para que se possa desenvolver intervenções corretivas e preventivas. Assim, para evitar manifestações de problemas estruturais, o controle tecnológico do concreto é necessário para a compreensão de possíveis erros e busca por soluções (SANTIAGO, 2011).

Neste trabalho, será considerada a empregabilidade do concreto autoadensável nos setores da construção civil, pretendendo responder de que forma os procedimentos realizados na obra e nos ensaios laboratoriais atendem às normas vigentes.

O Concreto Autoadensável (CAA) é uma tecnologia que teve origem no Japão na década de 1980 e, no Brasil, seu uso tem aumentado gradualmente. Surgiu da necessidade de obter estruturas mais duráveis e menor tempo de execução, utilizando a proporção otimizada dos componentes e sem a necessidade de adensamento mecânico do concreto. Logo, tornou-se um importante instrumento para a construção civil devido a sua capacidade de preenchimento, habilidade de passar por obstáculos e resistência à segregação (GOMES; BARROS, 2009).

De acordo com Tutikian e Molin (2021), o Concreto Autoadensável (CAA) é considerado uma tecnologia que pode proporcionar propriedades diferentes se apresentar simultaneamente fluidez, coesão e resistência à segregação. Nesse sentido, o CAA deve ser capaz de fluir com facilidade pelas formas, preencher todos os espaços vazios e passar pelas armaduras sem que haja obstrução do fluxo ou segregação; para isso, utiliza seu próprio peso e dispensa o uso de vibradores ou qualquer tipo de equipamento para o seu adensamento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

- Analisar as práticas e métodos adotados em uma obra de construção civil, localizada no município de Vila Velha – ES, quanto ao controle realizado no processo produtivo do concreto estrutural na execução de paredes de concreto.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a conformidade do concreto, para fins estruturais, de modo que os valores de resistência obtidos pelo ensaio de rompimento de corpos de prova e os valores de *Slump* e *Flow* comprovem a adequação do ponto de vista técnico;
- Correlacionar as práticas adotadas na obra visitada aos padrões estabelecidos por manuais e normas regulamentadores, principalmente dispostos nos documentos: NBR 14931 (ABNT, 2023); NBR 7212 (ABNT, 2021); NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 12655 (ABNT, 2022), com ênfase nos tipos, eficácia e cumprimento dos procedimentos padronizados.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme Recena e Pereira (2011), o objetivo final de todas as obras executadas em concreto está sempre associado à segurança estrutural, requisito que deve ser atendido ao se efetuar o controle de qualidade no concreto.

De acordo com Neville (2016), o controle de qualidade é uma abordagem sistemática e contínua utilizada para monitorar e verificar a conformidade dos produtos ou serviços com os padrões estabelecidos. Uma das métricas comumente utilizadas no controle de qualidade é o desvio padrão, que corresponde a uma medida estatística, indicando a dispersão dos valores em relação à média; em outras palavras, ele fornece uma medida de quão distantes os resultados estão da média esperada. Nesse sentido, a qualidade do concreto pode variar devido a mistura inadequada, adensamento insuficiente, cura irregular e variações nos procedimentos de ensaios

Conforme Santos e Alves (2014), controlar a qualidade tem por objetivo estabelecer padrões que a assegurem, inclusive, em níveis econômicos. As variadas técnicas de controle atuam em todas as fases de execução do projeto, a fim de evitar falhas decorrentes de processos construtivos ou de materiais empregados.

Além disso, de acordo com Neville e Brooks (2010), o acompanhamento insuficiente durante a execução ou condutas inadequadas devido à falta de

conhecimento, podem gerar diversas consequências, como acidentes durante a construção até mesmo o colapso da estrutura.

Conforme Pelacani (2010), em uma obra podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas variadas, como: falta de condições locais de trabalho, não capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, além de irresponsabilidade técnica. Nesse cenário, o custo de recuperação de uma edificação pode ser maior do que o custo inicial de construção, a depender de onde se iniciou o problema e de que forma resolver as patologias encontradas. Tais manifestações patológicas, consomem recursos financeiros que poderiam ser evitados caso a edificação possuísse um acompanhamento eficaz e controle de sua estrutura.

Diante desse cenário e do constante aumento das manifestações dos problemas estruturais, a análise das práticas e dos métodos adotados quanto ao controle durante o processo de produção do concreto representa um grande avanço para dirimir riscos e anomalias. Para isso, o contexto investigado refere-se a uma obra e ensaios laboratoriais.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos.

O Capítulo 1 corresponde ao cenário geral da pesquisa, com a introdução da temática, apresentação dos objetivos traçados, a delimitação da justificativa e a estrutura do trabalho. Aponta para um aumento das manifestações de problemas estruturais, que leva a busca de uma análise das práticas e métodos adotados quanto ao controle durante o processo de produção do concreto.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, em que se pode fundamentar os conceitos de elementos constituintes do concreto, ensaios padronizados, procedimentos recomendados para transporte do concreto, planejamento de concretagem, verificações preliminares, aceitação do concreto e execução da concretagem.

O Capítulo 3 engloba a metodologia estabelecida para a coleta de dados na pesquisa de campo, bem como os instrumentos e procedimentos escolhidos para realizar o estudo.

No Capítulo 4, encontram-se a análise dos dados e a discussão dos resultados obtidos segundo as normas regulamentadoras.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais com apontamentos sobre o assunto abordado a partir da análise dos resultados alcançados no processo de investigação.

Na sequência, acompanham as referências bibliográficas e apêndice.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PRODUÇÃO DO CONCRETO

Nas civilizações primitivas, o homem utilizava como materiais de construção, a pedra, a madeira e o barro. Ao longo do tempo, foram aumentadas as exigências, bem como, as descobertas do homem, passando a demandar de materiais de maior resistência, maior durabilidade e melhor aparência. Novos materiais foram incorporados, surgindo, assim, o concreto, o qual trouxe muitas possibilidades para as obras, com repercussão nas propriedades e na produtividade de execução. Há consenso em afirmar que o concreto é o material de construção mais utilizado no mundo (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2021).

Por se tratar de um material largamente utilizado, faz-se necessário desenvolver o controle tecnológico durante sua dosagem e execução. O controle tecnológico corresponde a um processo que visa ao registro e à garantia da conformidade e das ações corretivas dos concretos produzidos e aplicados nas obras, compreendendo os serviços relacionados às especificações técnicas de projeto, que são as propriedades, características e respectivas idades do concreto fresco ou endurecido, buscando atender os parâmetros de desempenho, uso, manutenção e durabilidade (SANTIAGO; BECK, 2017).

Para que a qualidade seja garantida na construção civil é necessário ter como referencial uma documentação técnica que estabeleça procedimentos, especificações e responsabilidades a serem atendidos (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011). Ao se tratar do concreto, o resultado dos corpos de prova amostrados, curados, rompidos e interpretados corretamente equivale aos parâmetros exigidos pela NBR 6118 (NETO, 2007).

Segundo Neto (2007), quando não ocorre o controle tecnológico do concreto, surge a possibilidade de risco na obra, como baixa resistência da estrutura, fissuração excessiva, durabilidade comprometida, custos adicionais e atrasos.

Segundo Neville (2016), o conhecimento e a compreensão acerca da qualidade do concreto têm evoluído com o passar do tempo. Esse progresso da tecnologia implica em uma melhor apreensão dos materiais, propriedades e métodos de

produção do concreto, bem como às exigências das normas para garantir a qualidade e o desempenho do material.

Vale ressaltar que, para a engenharia civil, a qualidade pode ser entendida como adequação ao uso, o que significa ser funcional, ter resistência estrutural adequada (atender à resistência do projeto), ser durável, ter o preço acessível e possuir baixo custo de operação e manutenção.

Com relação a ser durável, a NBR 15575 (ABNT, 2021) conceitua vida útil como o período estimado para o qual um sistema é projetado. Nesse sentido, de acordo com essa norma, pode-se observar os períodos apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Vida útil de cada sistema.

<b>Sistema</b>	<b>Vida Útil Mínima</b>
Cobertura	20 anos
Estrutura	50 anos
Hidrossanitário	20 anos
Pisos internos	13 anos
Vedação vertical externa	40 anos
Vedação vertical interna	20 anos

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Segundo Regattieri e Maranhão (2011), a fim de obter um concreto com características homogêneas se faz necessário assegurar a uniformidade dos materiais, as proporções adequadas destes, a padronização da mistura e uma análise precisa dos resultados dos ensaios de caracterização.

Segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021), quando uma prestadora de serviços de concretagem é contratada, esta passa a ser responsável desde a caracterização dos materiais constituintes, estocagem, estudo de dosagem, validação do traço, mistura dos componentes, até o transporte ao destino.

Conforme Regattieri e Maranhão (2011), as principais vantagens dos concretos dosados em centrais são:

- Velocidade: capacidade de preparo e transporte de um grande volume de concreto em curto espaço de tempo;
- Economia: o fornecimento de concretos em alta escala propicia uma melhor negociação de preço, maior sincronização entre as atividades e melhor uso dos recursos humanos;
- Versatilidade: disponibilidade de diferentes tipos de equipamentos que atendem altas distâncias verticais;
- Racionalização dos canteiros de obras: como o estoque e produção do material é feito fora da obra, o espaço do canteiro pode ser usado para desempenho de outras atividades;
- Suporte técnico: uma empresa fornecedora capacitada possui departamento técnico com plenas condições de auxiliar a contratante na busca de soluções que visem aprimorar o processo de fornecimento do concreto;
- Qualidade: o controle da operação que inclui estudos prévios de dosagem, a seleção adequada de materiais e o correto proporcionamento dos materiais resultam em concretos mais qualificados.

### 2.1.1 Caracterização dos Materiais Constituintes

Segundo Neville (2016), as características e propriedades de cada componente exercem grande influência no processo de dosagem e no resultado do concreto.

Nesse sentido, a fim de permitir ajustes no traço e minimizar o impacto das alterações das características das matérias-primas nas propriedades do concreto fresco e endurecido, devem ser colocadas no sistema de controle de qualidade todas as informações obtidas referentes a origem dos materiais (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).

De acordo com Regattieri e Maranhão (2011), as normas utilizadas para caracterizar os componentes do concreto estão expostas a seguir:

#### I. CIMENTO

Para caracterizar o cimento, faz-se necessário determinar as seguintes características:

- a) O índice de finura – verificado pela NBR 16697 (ABNT, 2018);
- b) A perda ao fogo e resíduo insolúvel – verificados pela NBR 17086-6 (ABNT, 2023);
- c) Resistência à compressão, a 3, 7, 28 e 91 dias – verificada pela NBR 5739 (ABNT, 2018);
- d) Massa específica real – verificada pela NBR 16605 (ABNT, 2017);
- e) Tempos de início e fim de pega – verificados pela NBR 16607 (ABNT, 2018).

Além desses ensaios, para a caracterização do cimento a NBR 16697 (ABNT, 2018) deve ser investigada.

## II. AGREGADOS GRAÚDOS

Os aspectos que devem ser considerados com relação aos agregados graúdos são:

- a) Granulometria – verificada pela NBR 17054 (ABNT, 2022);
- b) Dimensão máxima característica – verificada pela NBR 17054 (ABNT, 2022);
- c) Massa específica – verificada pela NBR 16917 (ABNT, 2021);
- d) Mistura de agregados graúdos – verificada pela NBR 16972 (ABNT, 2021).

Além desses pontos, para a caracterização dos agregados graúdos a NBR 7211 (ABNT, 2022) deve ser seguida.

## III. AGREGADOS MIÚDOS

As características de maior influência desses materiais são:

- a) Granulometria – verificada pela NBR 17054 (ABNT, 2022);
- b) Módulo de finura – verificado pela NBR 17054 (ABNT, 2022);
- c) Massa unitária – verificada pela NBR 16972 (ABNT, 2021);
- d) Massa específica – verificada pela NBR 16916 (ABNT, 2021);
- e) Inchamento – verificado pela NBR 6467 (ABNT, 2009);
- f) Coeficiente de inchamento e umidade crítica – verificado pela NBR 6467 (ABNT, 2009);
- g) Curvas normalizadas – definidas pela NBR 7211 (ABNT, 2022);
- h) Classificação de areias pelo módulo de finura – verificada pela NBR 7211 (ABNT, 2022).

Além desses pontos, para a caracterização dos agregados miúdos a NBR 7211 (ABNT, 2022) deve ser seguida.

#### IV. ADITIVOS

Os aditivos podem ser utilizados para obter diversos resultados, sendo alguns deles aumento da plasticidade, redução da exsudação e segregação, controle do tempo de pega, controle do aumento da resistência nas primeiras idades e retardo da taxa de evolução de calor de hidratação, conforme a ACI 212 (2016).

Além dessa referência, a NBR 11768 (ABNT, 2019) deve ser seguida para a caracterização dos aditivos;

#### V. ADIÇÕES

A norma que rege as características desses materiais é a NBR 7482 (ABNT, 2020) – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland.

##### 2.1.2 Estoque dos Materiais

Segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021), os materiais constituintes do concreto devem ser armazenados em locais ou recipientes apropriados, não permitindo contaminação por elementos indesejáveis e evitando a alteração ou a mistura de componentes com características diferentes.

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2022), o cimento deve ser armazenado separadamente, conforme marca, tipo e classe. Além disso, no caso de cimento fornecido em saco, este deve ser guardado em pilhas e em local fechado, protegido da ação de névoa, chuva ou condensação. Porém, se for a granel, deve ser guardado em silos providos de respiradouro com filtro, janela de inspeção e tubulação de carga e descarga.

Na figura 1, tem-se o exemplo de armazenamento do cimento fornecido em saco.

Figura 1 – Armazenamento do cimento na obra



Fonte: Pinheiro (2017).

Ainda conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022), os agregados devem ser armazenados separadamente de acordo com a graduação granulométrica e em cima de uma base que permita a água escoar livre até eliminá-la.

Quando fornecida por concessionárias, a água a ser utilizada no concreto deve ser armazenada em caixas tampadas e estanques, para evitar a contaminação por substâncias estranhas (NBR 12655, 2022).

Os aditivos devem ser armazenados nas embalagens originais ou em recipiente estanque, que não esteja sujeito à corrosão, protegido contra contaminantes ambientais e provido de agitador, até o instante de uso (NBR 12655, 2022).

Na figura 2, tem-se o exemplo de armazenamento de areia e brita.



Fonte: Pinheiro (2017).

### 2.1.3 Preparo do Concreto

#### 2.1.3.1 Dosagem

Para Neville (2016), a dosagem pode ser definida como um processo de escolha de componentes adequados e de determinação de suas quantidades relativas a fim de produzir um concreto que atenda a propriedades mínimas, em especial, resistência, durabilidade e consistência, sendo o mais econômico possível.

Segundo Andolfato (2002), a dosagem do concreto tem o objetivo de determinar as proporções dos materiais a serem utilizados a fim de atender a duas condições básicas: resistência desejada e plasticidade suficiente do concreto fresco. Além disso, a resistência adotada como referência para dosagem é a resistência com 28 dias, e a média é estimada em função da resistência característica especificada no projeto.

De acordo com Regattieri e Maranhão (2011), a produção de concreto em centrais começa pela obtenção da melhor proporção entre os materiais constituintes, de forma a obter um produto que tenha a resistência solicitada e a plasticidade do concreto fresco.

Segundo Neville (2016), a escolha das proporções do concreto deve atender aos requisitos de resistência, além de considerar a durabilidade adequada da estrutura. Além disso, alguns conceitos fundamentais devem ser considerados:

- a) A relação água/cimento é o indicador mais importante para o concreto estrutural, pois afeta diretamente suas propriedades mecânicas, durabilidade e trabalhabilidade;
- b) Após a relação água/cimento e os outros materiais definidos, a resistência e durabilidade do concreto se tornam únicas;
- c) Quanto maior a dimensão máxima característica do agregado graúdo e menor o abatimento do tronco de cone, mais econômico será o concreto.

A dosagem de um concreto é um processo complexo que depende de variáveis específicas das diversas condições de uso. Estudos mostram que pesquisadores vêm desenvolvendo métodos que se aplicam às variadas condições especiais.

No Brasil, os métodos de dosagem comumente utilizados são: o ABCP – elaborado pela Associação Brasileira de Cimento Portland, baseado no método proposto pelo *American Concrete Institute (ACI)*, considera tabelas e gráficos elaborados a partir de informações experimentais que permitem a utilização dos agregados que se enquadram nos limites propostos pela norma NBR 7211 – Agregados para concreto – Requisitos (ABNT, 2022); e o IPT – baseado no método já existente desenvolvido no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, visa à determinação de um diagrama de dosagem que permita obter, para os mesmos materiais, traços específicos para resistências distintas (RODRIGUES, 1998).

Boggio (2000) corrobora, destacando que o método ABCP/ACI, pode ser considerado um método essencialmente empírico, baseado em quadros e tabelas de valores médios, possibilitando um desenvolvimento com roteiro simples e rápido de entender.

Conforme Helene e Tutikian (2011), no método IPT, a fase experimental parte do princípio de que são necessários ao menos três pontos a fim de montar o diagrama de dosagem, que correlaciona a resistência à compressão, relação água/cimento, traço, proporção total de agregados graúdos e miúdos e consumo de cimento.

A seguir encontram-se as fórmulas e o modo pelo qual se calcula a dosagem por esse método.

a) Leis de comportamento:

a. Lei de Abrams:  $f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}}$

b. Lei de Lyse:  $m = k_3 + k_4 * a/c$

c. Lei de Molinari:  $C = \frac{1000}{k_5 + k_6 * m}$

d. Teor de Argamassa Seca:  $\alpha = \frac{1+a}{1+m}$

e.  $m = a + p$

Em que:

$f_{cj}$  = resistência à compressão axial na idade j, em Mpa;

$\frac{a}{c}$  = relação água/cimento em massa;

$a$  = relação agregado miúdo seco/cimento em massa;

$m$  = relação agregados secos/cimento em massa;

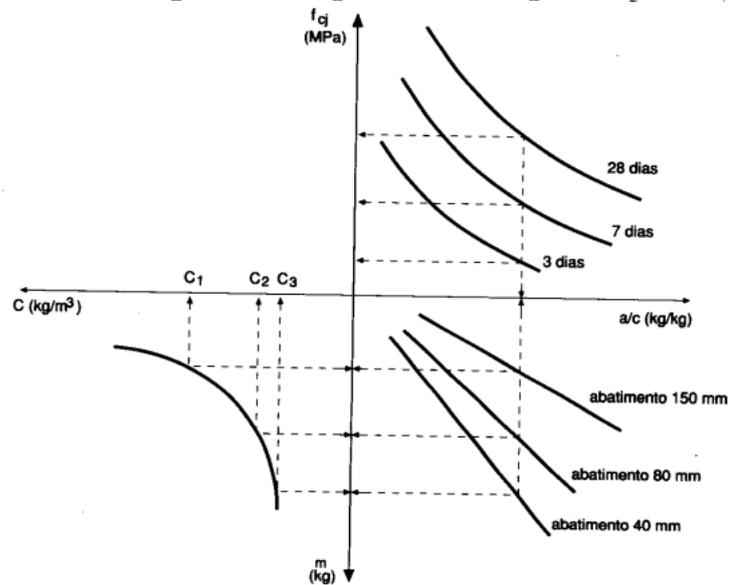
$\alpha$  = teor de argamassa seca (deve ser constante para determinada situação);

$p$  = relação agregados graúdos secos/cimento em massa;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5$  e  $k_6$  = constantes que dependem dos materiais (cimento, agregados miúdos e graúdos e aditivos).

b) Diagrama de dosagem (modelo de comportamento) – pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de dosagem



Fonte: Helene e Terzian (1993).

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2022), o cálculo de resistência de dosagem do concreto deve ser feito por meio de uma equação que prevê a distribuição normal de acordo com o modelo da curva de Gauss, ou seja, pela função:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 * S_d$$

Onde,

$f_{cj}$  = resistência média do concreto à compressão, aos j dias;

$f_{ck}$  = resistência característica do concreto à compressão;

$S_d$  = desvio-padrão da dosagem – valores geralmente adotados conforme a forma de preparo.

### 2.1.3.2 Mistura

De acordo com Neville (2016), é essencial que em qualquer betoneira ocorra uma alternância suficiente dos materiais entre as partes do tambor, com o objetivo de produzir um concreto uniforme. Além disso, a eficiência de uma betoneira se dá pela variabilidade da mistura descarregada em um determinado número de recipientes, sem interrupção do fluxo de concreto.

A NBR 7212 (ABNT, 2021) diferencia três tipos de mistura:

- a) Centrais misturadoras: os componentes são colocados em um misturador e, após a homogeneização, são descarregados em um caminhão betoneira para o transporte até a obra;
- b) Centrais dosadoras: os componentes do concreto devem ser colocados no caminhão betoneira na ordem e em quantidade tecnicamente determinadas;
- c) Mistura parcial na central e complementação na obra: os materiais são colocados no caminhão betoneira, com uma porcentagem da água, a ser completada na obra.

Sobre essa última mistura, segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021), vale ressaltar que é permitido reter parte da água de amassamento durante a mistura a fim de que, se houver perda de abatimento durante o transporte, esta possa ser completada antes do lançamento do concreto na obra. Caso ocorra essa situação, a norma recomenda que se estabeleça um controle rígido e haja o registro da água adicionada. Vale ressaltar que o mesmo procedimento pode ser adotado para aditivos.

Conforme a norma supracitada, durante o transporte devem ser controlados alguns parâmetros, como: a velocidade, o tempo, a altura das facas e o desgaste das pás.

### 2.1.3.3 Ensaios Tecnológicos

Segundo Neville (2016), tem sido realizadas inúmeras tentativas a fim de correlacionar a trabalhabilidade com alguma medida física de fácil determinação, mas nenhuma delas é totalmente satisfatória, embora possam fornecer informações úteis, com certa variação, sobre a trabalhabilidade – a esses artifícios chamamos estudos reológicos.

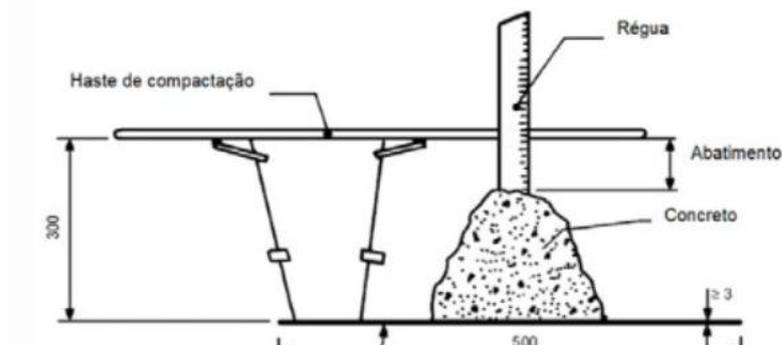
No concreto fresco devem ser realizados os seguintes ensaios:

- a) Abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) – verificado pela NBR 16889 (ABNT, 2020);
- b) Tempos de pega – verificados pela NBR NM 9 (ABNT, 2003);

- c) Teor de ar incorporado – verificado pela NBR 9833 (ABNT, 2009);
- d) Exsudação – verificada pela NBR 15558 (ABNT, 2008);
- e) Perda de abatimento – verificada pela NBR 10342 (ABNT, 2012).

Na Figura 4 pode ser visto como o *Slump* deve ser medido, conforme a norma.

Figura 4 - Medida do abatimento pelo molde tronco-cônico



Fonte: Imagem adaptada da NBR 16889 (ABNT, 2020).

Além desses, existe o *Flow Test* – verificado pela NBR 8953 (ABNT, 2015) –, utilizado para verificar trabalhabilidade em concretos autoadensáveis. Conforme a norma, os resultados desse ensaio podem ser classificados de acordo com a estabilidade visual, essas classes podem ser visualizadas no Quadro 2.

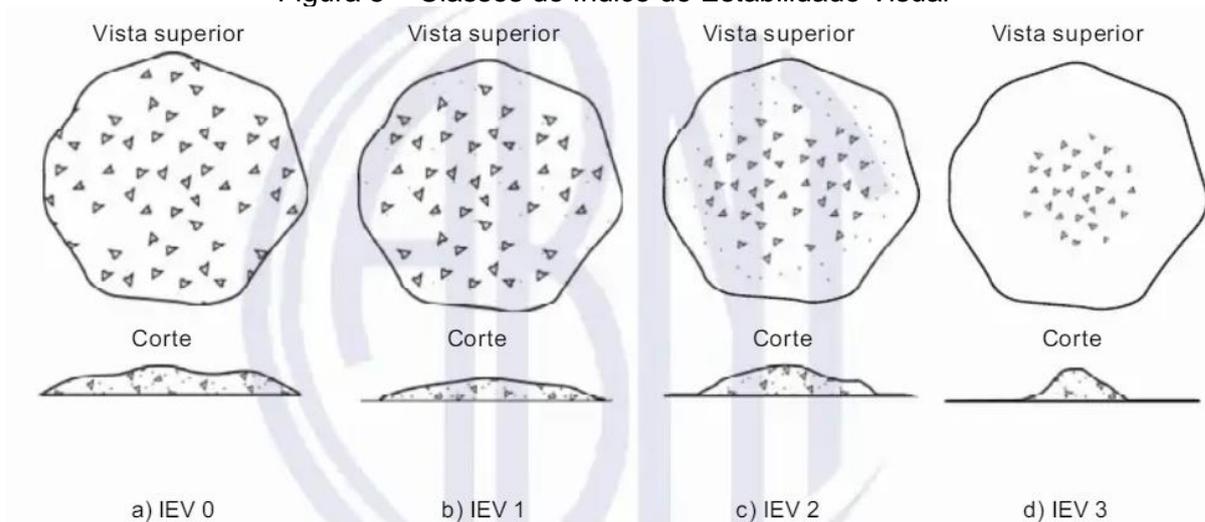
Quadro 2 – Classes de Índice de Estabilidade Visual (IEV)

Classe	IEV
IEV 0 (Altamente estável)	Sem evidência de segregação ou exsudação
IEV 1 (Estável)	Sem evidência de segregação e leve exsudação
IEV 2 (Instável)	Presença de pequena auréola de argamassa (menor ou igual a 10 mm) e/ou empilhamento de agregados no centro do concreto
IEV 3 (Altamente instável)	Segregação claramente evidenciada pela concentração de agregados no centro do concreto ou pela dispersão de argamassa nas extremidades (auréola de argamassa maior do que 10 mm)

Fonte: Imagem adaptada da NBR 15823-2 (ABNT, 2017).

Na Figura 5, podem ser visualizadas as quatro classes de forma visual, a fim de exemplificar e complementar o Quadro 2.

Figura 5 – Classes do Índice de Estabilidade Visual



Fonte: Imagem adaptada da NBR 15823-2 (ABNT, 2017).

Após atingir a idade de controle determinada por cada norma – variada entre 7 e 28 dias – Regattieri e Maranhão (2011) recomendam a realização dos ensaios citados abaixo:

- a) Resistência à compressão axial – verificada pela NBR 5739 (ABNT, 2018);
- c) Resistência à tração por compressão diametral – verificada pela NBR 7222 (ABNT, 2011);
- d) Resistência à tração na flexão – verificada pela NBR 12142 (ABNT, 2010).

Neste trabalho, os ensaios estudados são *slump test*, *flow test* e o de resistência à compressão axial, referentes ao concreto autoadensável utilizado na obra investigada.

#### 2.1.4 Transporte

Conforme a NBR 7212 (ABNT, 2021), o transporte deve ser realizado por veículo dotado ou não de dispositivo de agitação, desde que apresente estanqueidade necessária e fundo e paredes revestidos de material não absorvente. Em geral, o transporte até a obra deve ser feito por caminhão betoneira.

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2023), o concreto deve ser transportado do local do amassamento do caminhão betoneira até o local da concretagem num tempo compatível com as condições de lançamento. O maquinário usado para o transporte não deve permitir desagregação dos componentes ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação.

## 2.2 LOCAIS DE PRODUÇÃO, EXECUÇÃO E ESTUDO DO CONCRETO

### 2.2.1 Centrais de Concreto

Conforme Helene e Tutikian (2011), o concreto produzido em central pode admitir várias mudanças nas suas etapas de processo, tendo em vista que os clientes podem solicitar diferentes tipos de materiais e resistência.

Para normatizar os processos, a NBR 7212 (ABNT, 2021) foi criada contendo recomendações de avaliações para o desvio-padrão da empresa com relação às resistências de dosagem e a quantidade de concreto produzido.

Vale destacar, que nesta pesquisa, a central dosadora não foi considerada como objeto de análise, porém, faz parte do processo de produção do concreto.

### 2.2.2 Ensaio de Controle Tecnológico

Conforme Boggio (2000), os laboratórios de controle tecnológico do concreto podem executar ensaios mais aperfeiçoados, por exemplo, o ensaio de remoldagem de *Powers* modificado por Wuerpel. Além de executarem ensaio de fluidez, ensaio da mesa de espalhamento e ensaio de abatimento do tronco de cone.

Segundo Mehta e Monteiro (2014), alguns ensaios como o de resistência e o de trabalhabilidade são os principais para se verificar a qualidade do concreto.

Neste trabalho serão abordados o ensaio de resistência, em especial, o de compressão; e os de trabalhabilidade, em especial, o *Slump Test* (ensaio de

abatimento) e o *Flow Test* (ensaio de espalhamento) – para determinar consistência e fluidez do concreto no estado fresco.

### 2.3 CONTROLE DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO

De acordo com Borges (2009), o controle estatístico faz-se necessário para a aceitação do concreto devido à variabilidade do processo de produção, ou seja, é preciso que os ensaios e suas respectivas análises sejam feitos a fim de garantir que o concreto está conforme a solicitação do cliente.

Mehta e Monteiro (2014) mencionam que, embora o concreto possa estar dentro das especificações técnicas, questões subjetivas e de preferência podem levar à rejeição, como a aparência superficial do concreto ou a variação de cor.

Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022), todo concreto que chega na obra deve passar pelo controle de recebimento, o qual inicia pela conferência do documento fiscal entregue frente aos parâmetros solicitados.

Segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021), a documentação que acompanha cada remessa de concreto entregue, além dos itens obrigatórios pelos dispositivos legais vigentes, deve conter:

- a) Volume de concreto;
- b) Hora de início da mistura (primeira adição de água);
- c) Classe de consistência no início da descarga;
- d) Dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- e) Resistência característica do concreto à compressão, quando especificada;
- f) Quantidade máxima de água complementar a ser adicionada na obra, retira pela central dosadora;
- g) Código de identificação do traço utilizado na dosagem do concreto.

## 2.4 CONCRETAGEM

### 2.4.1 Planejamento da Concretagem

A concretagem representa o final do ciclo de execução da estrutura – envolvendo os processos de lançamento, adensamento e cura. Apesar da duração inferior quando comparada a outros serviços da estrutura, como montagem de forma e posicionamento de armação, essa etapa necessita de um bom planejamento de todos os fatores que interferem em sua execução, além de gerenciamento da equipe e o controle de qualidade (FACHINI; SOUZA, 2006).

Campos (2013) recomenda que seja elaborado um plano de concretagem, contendo um estudo logístico para subsidiar as tomadas de decisões referentes às atividades de lançamento, adensamento e cura do concreto. Esse estudo contempla a previsibilidade das entregas dos caminhões-betoneira, o espaço físico para descarga, a disponibilidade de equipamentos, o dimensionamento de equipes qualificadas, o cronograma da concretagem com definição da data e horário e a sequência de descarregamento do concreto nas formas.

### 2.4.2 Execução da Concretagem

#### 2.4.2.1 Lançamento

No Brasil, o lançamento é realizado com o auxílio de bombas de concreto, na maioria dos casos, por apresentarem uma série de vantagens (BORGES, 2009). No entanto, alguns cuidados devem ser tomados para que não haja maiores transtornos e o concreto lançado apresente as características adequadas – a isso chamamos de bombeabilidade. E esses cuidados são:

- O concreto não deve ser segregável;
- O bombeamento deve ser contínuo para evitar que a mistura presente no interior da tubulação dificulte a retomada da operação depois de determinado período;

- Devem ser evitados trechos verticais, com muitas curvas, pois podem reduzir consideravelmente a distância de transporte;
- A tubulação deve ser limpa de forma adequada ao final da concretagem.

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2023), a fim de obter as propriedades desejadas, nessa fase deve-se:

- Preencher todo o volume das formas para que toda a armadura, e os componentes embutidos, sejam adequadamente envolvidos na massa do concreto;
- Garantir proximidade do alcance da bomba aos locais a serem concretados, evitando a incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras;
- Saturar as formas para evitar a absorção de água de amassamento;
- Evitar a segregação dos constituintes ao manipular o concreto;
- Tomar cuidados especiais quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2 metros, como o uso de dispositivos que conduzam o concreto (funis, calhas e trombas), por exemplo.

#### 2.4.2.2 Adensamento

Conforme a NBR 14931 (ABNT, 2023), juntamente à etapa de lançamento, o concreto deve ser vibrado ou apiloado contínua e energeticamente, utilizando equipamento adequado com relação à sua consistência.

A norma supracitada estabelece alguns cuidados ao utilizar o vibrador, tais como: aplicar preferencialmente na vertical, mudar de posição quando a superfície se apresentar brilhante e vibrar o maior número possível de pontos ao longo do elemento.

Ainda segundo a NBR 14931 (ABNT, 2023), deve-se evitar a manipulação excessiva do concreto, o qual provoca a segregação do material e causa exsudação, prejudicando a qualidade final da superfície.

Considerando que o concreto investigado é o autoadensável, esse não necessita de adensamento.

### 2.4.2.3 Cura

A cura consiste no procedimento de controle da umidade e da liberação do calor de hidratação desse concreto, o objetivo é evitar que o concreto perca água para o ambiente e retraia abruptamente, o que acarreta o surgimento de fissuras (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2023), os agentes deletérios mais comuns ao concreto nos dias iniciais são: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, assim como choques e vibrações de intensidade que possa gerar fissuras ou prejudicar a sua aderência à armadura.

Ainda conforme a norma supracitada, até que haja endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra os agentes mencionados anteriormente, a fim de:

- Evitar perda de água pela superfície;
- Assegurar superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável.

### 2.4.2.4 Rastreabilidade

De acordo com Recena e Pereira (2011), durante a concretagem deve ser criado um mapeamento do concreto, a fim de associar as áreas concretadas ao respectivo concreto aplicado no local. O ideal é que sejam demarcadas as áreas em um croqui da planta baixa.

Segundo Neville e Brooks (2010), a importância da rastreabilidade está relacionada à garantia de qualidade, controle dos processos, rastreamento de resultados de ensaio, segurança e responsabilidade.

## 2.5 SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO

O sistema de parede de concreto é um método construtivo que passa uma visão de maior solidez estrutural e segurança da edificação, em que a estrutura e a vedação são formadas por um único elemento: a parede de concreto, que é moldada *in loco* (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Esse sistema utiliza formas que são montadas no local da obra com a respectiva armadura, depois preenchidas com concreto autoadensável, já com as instalações hidráulicas e elétricas embutidas. Sua principal característica é que a vedação e a estrutura constituem um único elemento (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Conforme a NBR 16055 (ABNT, 2022), parede de concreto é definida como um elemento estrutural autoportante, moldada *in loco*, com comprimento dez vezes maior do que sua espessura e é capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. Esse sistema baseia-se na moldagem de paredes de concreto armado com telas metálicas na própria obra. Nesse sistema, as paredes são executadas na espessura final desejada, não sendo necessária a utilização de reboco (TECNOSIL, 2017).

Segundo Braguim (2013), esse tipo de processo construtivo tem como característica a alta produtividade, principalmente para grandes empreendimentos com alta repetitividade das edificações construídas.

De acordo com Corsini (2012), o sistema é baseado em uma estrutura única de concreto moldada com a utilização de jogos de formas metálicas, de plástico ou de madeira. O concreto utilizado na parede é diferente do usado em uma viga ou pilar de concreto armado, o ideal é que seja utilizado um concreto autoadensável, que tem como principal característica a não necessidade de vibração do concreto, e geralmente essa técnica é utilizada para projetos de grande escala.

Na Figura 6 pode ser visto um exemplo de obra que utiliza o sistema de paredes de concreto com ênfase no posicionamento das instalações e formas.

Figura 6 – Posicionamento das instalações e montagem das formas



Fonte: Santos (2016).

O processo executivo pode ser descrito através das seguintes etapas:

- Instalação de marcadores;
- Posicionamento da armação;
- Posicionamento das instalações elétrica e hidráulica;
- Montagem das formas e travamento;
- Concretagem da parede;
- Desmolde.

O objetivo do sistema é oferecer produtividade elevada, qualidade e economia quando se trata de obras em grande escala, gerando uma obra mais industrializada (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Na Figura 7 pode ser visto outro exemplo de obra que utiliza o sistema de paredes de concreto com ênfase no posicionamento das formas.

Figura 7 – Vista das formas metálicas de um sistema de paredes de concreto



Fonte: Santos (2018).

Lima e Costa (2018) apontam que esse sistema estrutural tem substituído gradativamente métodos tradicionais, como a utilização de alvenaria estrutural, principalmente no nicho de Habitação de Interesse Social (HIS) – programa que viabiliza moradia adequada e regular à população de baixa renda.

Sabendo que o segmento HIS, associado ao Programa Minha Casa, Minha Vida, representa atualmente uma parcela significativa do mercado da construção civil, é natural que isso reflita diretamente na demanda das concreteiras e cimenteiras (ABCIC, 2019).

Conforme Braguim (2013), a fim de que a utilização dessa metodologia seja bem-sucedida e gere ganhos financeiros à empresa, aspectos como a simetria na geometria, o alinhamento entre paredes, a modulação de medidas e a padronização das distâncias entre pisos devem ser levados em consideração.

A tecnologia das paredes de concreto vem ganhando destaque por ser uma opção considerada econômica para alguns, devido ao fato de ser moldada *in loco*, diminuindo gastos e mão de obra. Além disso, trata-se de um método que diminui a geração de resíduos da construção civil com relação ao reaproveitamento das formas e escoramentos e considerando a exigência de um rigoroso padrão de qualidade (TECNOSIL, 2017).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo pretende apresentar as práticas adotadas por organizações relacionadas à construção civil, sendo classificada como pesquisa descritiva por expor processos, experiências e fenômenos sem interferência do autor nas observações realizadas (GIL, 2007).

Do ponto de vista da natureza, trata-se de uma pesquisa básica, uma vez que esse tipo propõe um aprofundamento em uma verdade universal a fim de promover avanço do conhecimento, neste caso, avanço acerca do controle tecnológico do concreto (FREITAS; PRODANOV, 2013).

Quanto à abordagem, as variáveis coletadas podem ser processadas de forma qualitativa, quantitativa ou, ainda, a combinação entre ambas. Para Fonseca (2002), a pesquisa qualitativa caracteriza-se por atribuir interpretações subjetivas na compreensão de dados apurados, considerando entre outras questões: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências.

Já a pesquisa quantitativa, está centrada na objetividade e considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. Sua linguagem matemática é utilizada para apresentar as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, os resultados quantificáveis. Todavia, a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente (FONSECA, 2002).

Nesse sentido, a pesquisa quantitativa traz uma abordagem de quantificação, ou seja, faz referência com dimensões de intensidade, em que o interesse do pesquisador se orienta por dimensionar, analisar e avaliar a aplicabilidade de recursos

ou técnicas ou até mesmo introduzir uma variável na coleta de dados para um registro quantitativo.

No presente estudo, optou-se pela abordagem quantitativa com viés qualitativo, também denominada como quali-quantitativa. Essa abordagem de pesquisa possibilita descrever os fenômenos observados pelo pesquisador, como também embasá-los por meio de evidências (MINAYO, 2009).

Quanto aos procedimentos estabelecidos para realização deste estudo, optou-se por uma pesquisa de levantamento feito em campo com base em consulta bibliográfica realizada a partir de referenciais teóricos já analisados e publicados por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de *web sites*, entre outros (FONSECA, 2002).

Para Fonseca (2002), a pesquisa de levantamento em campo caracteriza-se, principalmente, pelo questionamento direto com pessoas relevantes para o estudo em questão, trazendo assim, a realidade para a análise quantitativa dos dados obtidos.

Para a coleta de dados, recorreu-se a utilização de observação direta, entrevista e análise de documentos.

Para Fonseca (2002), a observação é uma técnica que faz uso dos sentidos para a apreensão de determinados aspectos da realidade, consistindo em ver, ouvir e examinar os fatos, os fenômenos que se pretende investigar. A técnica da observação direta desempenha importante papel no contexto da descoberta e obriga o pesquisador a ter um contato mais próximo com o objeto de estudo.

Quanto à entrevista, esta constitui em uma técnica alternativa para se coletarem dados não documentados sobre determinado tema. É uma técnica de interação social, uma forma de diálogo assimétrico, em que uma das partes busca obter dados, e a outra se apresenta como fonte de informação. A entrevista pode ter caráter exploratório ou ser uma coleta de informações. A de caráter exploratório é relativamente estruturada (semiestruturada); já a de coleta de informações é altamente estruturada (FONSECA, 2002).

Neste trabalho, foi utilizada a entrevista semiestruturada em que o pesquisador organizou um conjunto de questões (roteiro) sobre o tema que está sendo estudado,

permitindo, e às vezes até incentivando, que o entrevistado falasse livremente sobre assuntos que foram surgindo como desdobramentos do tema principal.

Para a análise de documentos, com vistas a organizar os dados coletados de forma que fique possível o fornecimento de respostas para o problema proposto, o método descritivo multivariado foi utilizado. Tal técnica permite analisar, ao mesmo tempo, múltiplas variáveis do tema pesquisado (GIL, 2007).

O Quadro 3 sintetiza a classificação da pesquisa apresentada acima:

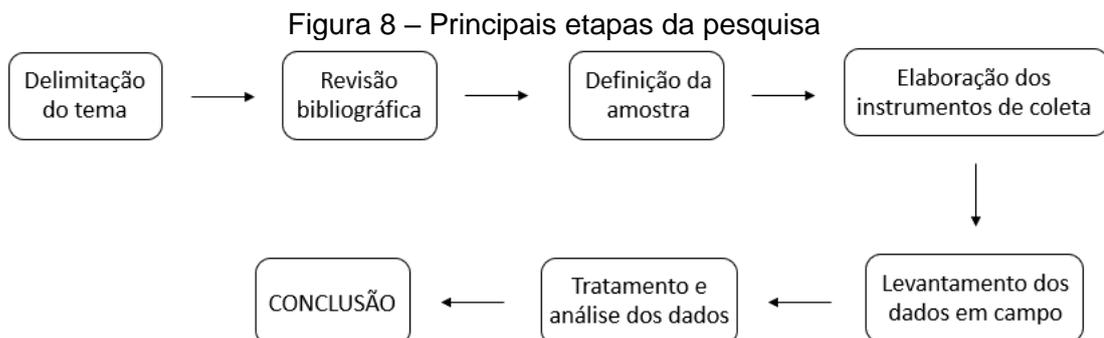
Quadro 3 – Síntese da metodologia da pesquisa

<b>Elemento</b>	<b>Classificação</b>
Finalidade	Descritiva
Natureza	Básica
Abordagem	Quali-quantitativa
Procedimentos para coleta de dados	Levantamento em campo e consulta bibliográfica
Instrumentos de coleta de dados	Observação direto, entrevista semiestruturada e análise documental

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi dividida em etapas, como mostrado na figura 8:



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.2.1 Estruturação da Pesquisa

Nesta etapa, foram estabelecidas as metodologias para desenvolver o trabalho. O tópico foi dividido em dois pontos: revisão bibliográfica e definição da amostragem.

#### 3.2.1.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica consiste em consultar publicações científicas que servem de base para o desenvolvimento dos trabalhos. Com relação ao levantamento, na pesquisa de campo, o estudo ocorre no ambiente natural do objeto, de modo que o pesquisador se limita a observar, identificar e extrair dados do contexto real (FONSECA, 2002).

Nesse sentido, a fim de atingir os objetivos propostos traçados, o estudo teve início com uma revisão em livros, anais, artigos científicos, dissertações, revistas técnicas e em normas regulamentadoras.

Como base fundamental para elaboração do trabalho, destacaram-se as seguintes referências: “Manual de Dosagem e Controle do Concreto”, de Helene e Terzian (1993); “ A Evolução do Concreto Estrutural”, editado por Isaia (2011); além das normas: NBR 14931 “Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos” (ABNT, 2023); NBR 7212 “Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle” (ABNT, 2021); e NBR 12655 “Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento” (ABNT, 2022).

O referencial abrangeu os seguintes temas:

- Materiais constituintes do concreto;
- Ensaio de controle tecnológico;
- Dosagem do concreto;
- Transporte do concreto – através do caminhão-betoneira;
- Definições de obra e central;
- Concretagem;

- Concreto autoadensável;
- Sistema de paredes de concreto.

A partir do referencial teórico, foram definidas as informações imprescindíveis para a pesquisa a fim de embasar a elaboração de questões para posterior coleta de dados por meio de entrevista semiestruturada.

### 3.2.1.2 Definição da Amostragem

Definir o universo de estudo e a forma como a amostra deve ser selecionada é uma tarefa bastante complexa, pois é necessário restringir a população observada a fim de manter o foco nos objetivos que se almeja alcançar no processo investigativo.

Nesta pesquisa, esse universo é composto por uma obra e por ensaios laboratoriais. Sendo que, para definir a obra foram considerados os seguintes requisitos:

- Estar localizada no município de Vila Velha – ES;
- Permitir visitas durante a realização das atividades;
- Ter um laboratorista em tempo integral para realizar os ensaios no canteiro;
- O concreto ser proveniente de central;
- Utilizar o sistema de paredes de concreto;
- Permitir consulta a documentos e projetos referentes ao controle tecnológico do concreto;
- Permitir acesso às instalações, bem como a anuência para observar e registrar as atividades diárias da central.

Para determinar a amostra, foi inicialmente verificada a quantidade de obras no município de Vila Velha – ES. Por meio das ARTs (Anotação de Responsabilidade Técnica) emitidas pelo Crea-ES (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo), foi possível a confirmação de 400 obras em andamento. A partir disso, foram realizados inúmeros contatos com responsáveis por essas organizações a fim

de permitirem o acesso aos locais. Após insistência, as visitas foram agendadas com datas e horários definidos entre os meses de março e abril de 2023.

Por fim, a partir dos requisitos traçados para definição da amostragem, da relevância da obra e do reconhecimento da empresa por todo o estado relativo ao sistema de paredes de concreto, bem como, da liberação de acesso ao pesquisador para a realização da investigação, a Obra X foi escolhida. Considerando, ainda, que a obra recebe concreto de apenas uma central dosadora, este requisito também foi estabelecido para a escolha da obra investigada.

Neste estudo, a técnica de seleção de amostra utilizada foi a não-probabilística, por acessibilidade e por tipicidade, uma vez que, não está baseada em métodos matemáticos, mas depende previamente dos critérios traçados pelo pesquisador (VERGARA, 2010).

Vale ressaltar, que em respeito à privacidade da empresa, seu nome e localização não foram informados neste trabalho.

### 3.2.2 Coleta de Dados

Segundo Gil (2007), para a realização da pesquisa é necessário o emprego de técnicas de pesquisa, que são procedimentos que operacionalizam os métodos, sendo a parte prática da pesquisa.

Os dados desta pesquisa foram obtidos por meio de visitas e acompanhamento dos serviços de concretagem à obra selecionada, com uso de observação direta com registros fotográficos, entrevistas e análise de documentos.

#### 3.2.2.1 Observação Direta

A observação é parte importante no desenvolvimento da pesquisa, pois é organizada para registrar as informações obtidas durante sua execução, tanto na obra, como nos ensaios laboratoriais.

Com relação à obra, o objetivo foi checar o padrão de recebimento do caminhão-betoneira na obra, envolvendo a conferência da nota fiscal entregue e a execução dos ensaios de abatimento (*Slump Test*), de espalhamento (*Flow Test*) e de resistência à compressão axial. Também foi analisado o procedimento do controle estatístico das betonadas, incluindo a execução da moldagem e armazenamento dos corpos de prova.

Por fim, foi observada a etapa de lançamento, com maior atenção para a passagem das instalações (elétrica e hidráulica) – anterior à colocação das formas – o preenchimento das formas e a organização da equipe, aspectos descritos pelas normas: NBR 12655 (ABNT, 2022), NBR 16055 (ABNT, 2022) e NBR 14931 (ABNT, 2023).

### 3.2.2.2 Entrevistas

As entrevistas foram elaboradas com questões semiestruturadas para guiar o entrevistado e dar liberdade para desenvolver cada ponto, estabelecendo assuntos voltadas para o tema pesquisado, porém, deixando o entrevistador livre para desenvolver a resposta, ampliando a dimensão do que está posto. As perguntas foram construídas a fim de facilitar as entrevistas realizadas nos locais de amostragem.

É válido destacar, também, que os entrevistados deveriam ser os responsáveis pelo local, podendo exercer cargos como gerente, técnico, laboratorista ou engenheiro.

Na obra, os entrevistados foram: o Engenheiro da obra, o Laboratorista e o Técnico em Edificações, sendo que esse foi o responsável por responder a maior parte das questões.

O questionário referente à obra possui questões sobre motivo da escolha da central fornecedora de concreto e o cronograma de concretagem; segue com perguntas sobre o processo de recebimento e aceitação do concreto, equipamentos de adensamento e documentação; e finaliza com perguntas sobre controle de

qualidade e ensaios realizados na obra. O modelo está devidamente apresentado no Anexo A.

### 3.2.2.3 Análise Documental

Segundo Yin (2001), dados primários são informações coletadas diretamente para fins específicos do estudo de caso em questão, ou seja, são dados obtidos por meio de técnicas de coleta de dados, como entrevistas, observações diretas, questionários, análise de documentos relevantes, entre outros. Enquanto dados secundários são informações que já foram coletadas e registradas por outras fontes para objetivos diferentes do estudo de caso, como livros, artigos, relatórios, estatísticas, documentos oficiais, registros históricos, bases de dados, entre outros.

Para este trabalho, foram utilizados dados primários e secundários a fim de obter uma compreensão abrangente e robusta do caso em estudo. Os dados primários geralmente fornecem informações específicas e detalhadas, enquanto os secundários podem fornecer contexto, informações complementares e comparações históricas ou de referência.

O objetivo era buscar os seguintes documentos na Obra X:

- Certificado de calibração dos equipamentos;
- Relatório de ensaios de controle tecnológico;
- Carta traço;
- Projeto de forma;
- Mapa de concretagem.

Os certificados de calibração dos equipamentos foram procurados para extrair informações acerca de manutenção preventiva e interesse da empresa com a segurança. Os relatórios de ensaio e a carta traço foram averiguados para entender como cada empresa organiza os dados referentes a cada documento. O projeto de forma foi examinado para entender a estrutura da obra e, o mapa de concretagem, para analisar a maneira como organizam a rastreabilidade do concreto.

#### 3.2.2.4 Aplicação dos Instrumentos de Coleta

Com o objetivo de padronizar as visitas, foi desenvolvido um roteiro para condução das atividades da coleta de dados. O Anexo A foi utilizado juntamente com auxílio de registro fotográfico para as entrevistas realizadas na obra.

O roteiro para recolhimento dos dados foi organizado da seguinte forma:

- Preparação das questões para a entrevista;
- Agendamento da visita;
- Questões para a entrevista impressas e disponíveis no dispositivo móvel levadas à empresa;
- No local, realização de registros fotográficos;
- Conversa com o responsável e realização da entrevista;
- A exploração de todos os espaços do local.

Vale ressaltar que, ao serem encerradas as visitas, o contato com as empresas foi mantido a fim de responder a possíveis questionamentos que poderiam surgir durante a escrita.

#### 3.2.3 Tratamento e Análise de Dados

Após as atividades em campo, os materiais levantados foram organizados para constituição da base de dados e, em seguida, para o seu tratamento e análise.

O tratamento dos dados é a seção do projeto da investigação que se ocupa com a explicação de como se pretende tratar os dados coletados, inclusive, justificando porque o referido tratamento é o mais adequado aos propósitos do estudo. Os objetivos da investigação somente são alcançados com a coleta, o tratamento e, posteriormente, com a interpretação dos dados, buscando assegurar, com isso, a correlação entre objetivos e formas de atingi-los (VERGARA, 2010).

Por se tratar de uma abordagem mista, os elementos qualitativos e quantitativos coletados necessitam de análises de maneiras diferentes, apesar de todos os dados se complementarem.

Vale destacar que, por se tratar de variáveis qualitativas em sua maioria, a análise de dados se dá pela comparação dos procedimentos (como recebimento do caminhão, ensaios de controle tecnológico, moldagem e armazenamento dos corpos de prova) com as respectivas normas descritas; além dos textos expostos no referencial.

Essa análise abrange a confirmação de características de cada objeto investigado e verifica a compatibilidade das práticas adotadas com o que determinam as prescrições normativas e sugestões presentes na bibliografia do tema.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DA OBRA, ENSAIOS LABORATORIAIS E CENTRAL

#### 4.1.1 Obra e Ensaio Laboratoriais

O modelo estrutural da construção estudada é paredes de concreto, em que se utilizam jogos de formas, armação e instalações elétricas e hidráulicas e, ao final, a estrutura é concretada.

A empresa atua no mercado mobiliário desde 1979 e está presente em mais de 160 cidades brasileiras. A obra em questão se caracteriza por ter:

- 3 torres de edifícios residenciais, sendo cada uma composta por 11 pavimentos de 8 apartamentos cada, totalizando 264 apartamentos;
- Técnico laboratorista presente na obra para realizar os ensaios, bem como a estrutura necessária para isso.

Foi observada a concretagem da laje e das paredes do 5º tipo com concreto autoadensável bombeado pela central.

Vale ressaltar que o engenheiro responsável pela obra limitou a quantidade de registros fotográficos, a isso se deve à curta quantidade de fotografias.

#### 4.1.2 Central

A empresa de serviço de concretagem dispõe de centrais automatizadas com alta capacidade produtiva e oferecem serviço de bombeamento que garante o atendimento a pequenas, médias e grandes obras.

A central se caracteriza por:

- Atuar há 47 anos no mercado;
- Matriz localizada em São Paulo;
- Presente em 10 cidades no Espírito Santo.

A unidade é permanente e possui um sistema de operação automatizado. Além disso, a central é dosadora de concreto, ou seja, a mistura e a homogeneização dos materiais são feitas dentro dos próprios caminhões betoneira.

Conforme Regattieri e Maranhão (2011) e Borges (2009), centrais que dispõem de equipamentos específicos para mistura do concreto apresentam maior eficiência nessa etapa. Além disso, segundo esses estudos, centrais misturadoras produzem concreto mais homogêneo e com menor variabilidade, quando comparadas às dosadoras.

Com relação ao cimento utilizado, este é recebido a granel pela empresa Mizu. Na solicitação do concreto à concreteira, os requisitos comumente especificados pelos clientes são a resistência característica à compressão e a consistência no estado fresco. Em alguns casos, a contratante informa o consumo mínimo de cimento, a dimensão máxima do agregado graúdo e a modalidade de lançamento.

Os tipos de concreto produzidos pela central são: convencional, bombeável, autoadensável, para pisos e pavimentos, extrusados, de alto desempenho, de baixa permeabilidade, permeável, colorido, leve, pesado, com fibras, projetado, compactado com rolo e resfriado com gelo. É válido ressaltar que nessa empresa, o concreto mais solicitado é o bombeável, seguido do convencional.

A preparação do concreto inicia com o posicionamento do caminhão betoneira para que ocorra o carregamento pneumático. O procedimento padrão inicia com 80% da água dosada no caminhão, em seguida, o cimento cai por pressão no mesmo instante em que os agregados são adicionados através de uma esteira transportadora. Por fim, cerca de 10% da água é depositada no tambor do caminhão, o restante da água é retido para permitir complementação na obra, caso seja necessário e os aditivos também são adicionados na obra. Esse processo está de acordo com a NBR 7212 (ABNT, 2021).

Para Regattieri e Maranhão (2011), a melhor ordem de colocação dos materiais na betoneira leva em conta aspectos técnicos e práticos. O aconselhável é começar pelo lançamento de parte da água, em seguida depositar o agregado graúdo e o cimento para melhor aderência da pasta à superfície dos grãos, e finalmente lançar a areia e o restante da água com aditivo diluído. Desta forma, conclui-se que a

sequência adotada pela central segue o recomendado, de acordo com o comunicado pelas entrevistas.

Quanto ao transporte, a logística adotada pela empresa para definição do trajeto até o destino considera a duração e as condições do percurso. Além disso, são considerados a restrição de horário e o peso bruto permitido em determinadas vias.

Quando o concreto é mantido em estado de agitação em mistura constante, pode ocorrer perda de abatimento – visualizada no *Slump* –, o que, geralmente, não representa risco grave para o lançamento e adensamento do concreto durante os primeiros 90 minutos (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Considerando a recomendação da NBR 7212 (ABNT, 2021), a central controla o tempo decorrido entre a primeira adição de água e a entrega do material, para que ocorra em, no máximo, 90 minutos.

## 4.2 ANÁLISE DOS PROJETOS ESTRUTURAIS

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), os projetos estruturais da obra analisada continham os valores referentes à resistência característica a compressão, cobrimento nominal e dimensão máxima característica do agregado.

Os valores observados encontram-se no Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros identificados no projeto

<b>Parâmetros</b>	<b>Obra</b>
fck	Varia de 20 a 35 Mpa (dependendo do pavimento)
a/c máxima	Não informado
Ccim mínimo	Não informado
Cnom	PAREDES: 5,0 cm (de cada lado) LAJES: 2,5 cm (de cada lado) PILAR: 3,0 cm (de cada lado) VIGAS: 3,0 cm (de cada lado)
dmáx	12,5 mm
Eci	Não informado

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A NBR 6118 (ABNT, 2014) delimita os valores que os parâmetros relacionados a durabilidade e resistência devem atender, em função da classe de agressividade ambiental (CAA) onde o projeto será implantado, que neste estudo é o município de Vila Velha – ES.

Assim, entrou-se em contato com o técnico responsável para identificação da classe de agressividade ambiental referente a Vila Velha, o qual informou que, por se caracterizar meio urbano, a agressividade do ambiente da região é classificada como moderada (Classe de Agressividade II).

O Quadro 5 mostra o resultado da análise conforme a norma.

Quadro 5 – Atendimento dos parâmetros quanto à norma

<b>Parâmetros</b>	<b>Obra</b>
fck	Atende
a/c máxima	Não se aplica
Cnom	Atende
dmáx	Atende

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme os resultados apresentados no Quadro 5, nota-se que os projetistas contratados pela obra estudada seguiram as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014) e da NBR 12655 (ABNT, 2022) em relação às definições de parâmetros do concreto no projeto estrutural de forma. Excetuando-se a relação água/cimento máxima, sobre a qual não se obteve informações.

Segundo Pacheco e Helene (2013), uma estrutura de concreto é tida como uma obra de qualidade se atender aos requisitos relativos à sua capacidade resistente, à durabilidade e a um bom desempenho em serviço.

Desse modo, é válido ressaltar a importância da correta estimativa da resistência mecânica por ser um parâmetro diretamente ligado à capacidade resistente do concreto, o que corresponde ao critério de segurança Estado Limite Último (ELU) necessário para garantir a estabilidade da estrutura (CAMACHO, 2005).

Conforme Pacheco e Helene (2013), a determinação adequada do módulo de elasticidade também tem relevância significativa, pois indica a deformabilidade da estrutura quando submetida a uma tensão. Outro fator considerado essencial no dimensionamento da estrutura é a espessura nominal de cobertura, que garante a integridade das barras de aço, certificando a durabilidade do empreendimento.

No caso das paredes de concreto, a relação a/c comumente usada, varia entre 0,35 e 0,50, para garantir fluidez e trabalhabilidade. A água necessária para a hidratação completa do cimento requer a relação a/c de aproximadamente igual a 0,25, porém, em geral, adota-se um valor superior por questões de trabalhabilidade, ou seja, para facilitar o manuseio do concreto (ISAIA, 2011).

Em casos de especificação superior ao limite de 0,55 estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), o excesso da água se aloja nos interstícios dos produtos de hidratação (silicato de cálcio hidratado CH-S e etringita), formando poros que podem facilitar a entrada de substâncias deletérias na pasta, e assim, gerar corrosão da armadura (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Além disso, considerando o exposto, a correta especificação das características nos projetos analisados da obra contribui para o desejável desempenho da estrutura e reduz a probabilidade de surgimento de patologias.

### 4.3 ANÁLISE DAS PRÁTICAS ADOTADAS NA OBRA

#### 4.3.1 Pedido e Programação

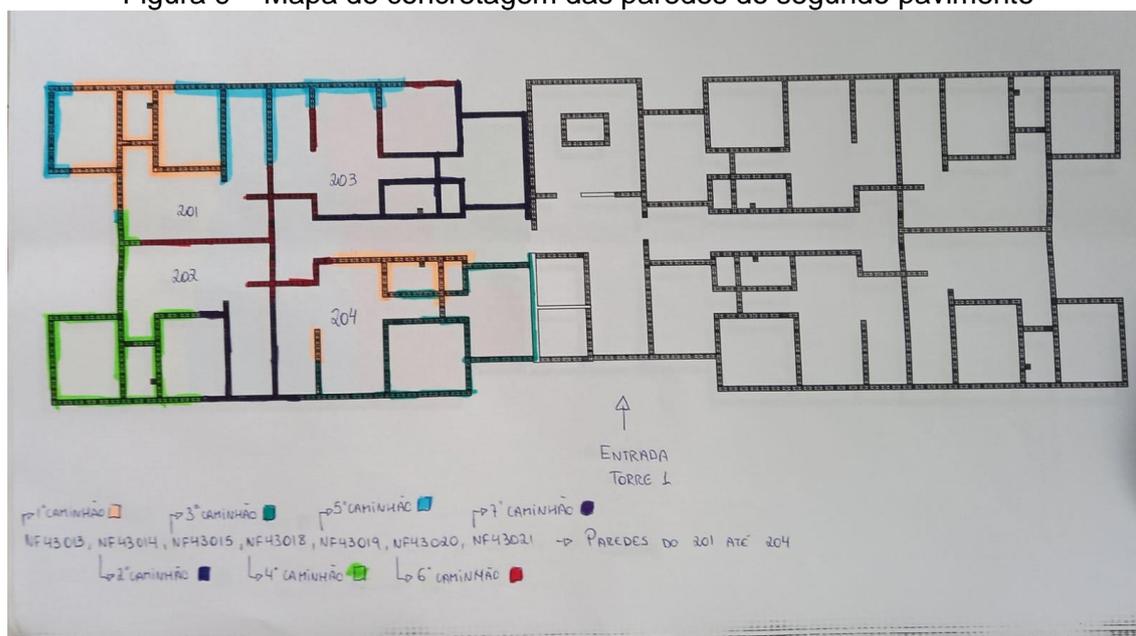
Como o sistema estrutural utilizado é composto por paredes de concreto, se faz necessário uma programação intensa de concretagem.

Conforme o técnico, a empresa no início da obra adotava o seguinte planejamento para cada pavimento:

- No primeiro dia eram concretados quatro apartamentos, a escada, o *hall* e o elevador;
- Após 3 dias, eram concretados os outros quatro apartamentos restantes e assim o pavimento era finalizado.

Através da Figura 9, é possível visualizar o mapa de concretagem das paredes de um dos pavimentos, em que se pode perceber a divisão dos apartamentos.

Figura 9 – Mapa de concretagem das paredes do segundo pavimento



Fonte: Acervo pessoal.

Seguindo esse planejamento cada pavimento era finalizado em uma semana. Porém, a fim de tentar tornar mais eficiente o processo, a empresa decidiu adotar um novo planejamento:

- No primeiro dia são concretados dois apartamentos, a escada, o *hall* e o elevador;
- No segundo dia são concretados mais dois apartamentos;
- Nos próximos dois dias são concretados dois apartamentos por dia, e assim o pavimento é finalizado.

Para esse novo modelo, o tempo de concretagem é de 5 dias. Para o primeiro dia, são utilizados sete caminhões com capacidade de 8 m<sup>3</sup> cada, totalizando 56 m<sup>3</sup> de concreto. Para os dias posteriores, são utilizados 4 caminhões com 8 m<sup>3</sup> de capacidade cada. Totalizando, em média, 152 m<sup>3</sup> de concreto por pavimento.

Antes do início das concretagens, houve uma reunião em que os valores de classe de agressividade ambiental, dimensão máxima característica do agregado graúdo, classe de consistência do concreto fresco e classe de espalhamento foram passados à central. A partir desse contato inicial, a programação de concretagem começou a ser efetuada de modo mais facilitado.

A cada semana, ao solicitar o concreto à central, apenas a resistência do concreto à compressão e o volume total são transmitidos. Essas informações podem ser encontradas no Quadro 6.

Quadro 6 – Informações fornecidas à central na solicitação do concreto

<b>Parâmetros</b>	<b>É informado no momento da solicitação?</b>
Composição do traço	Não
Consistência no estado fresco	Não
Consumo de cimento	Não
Dimensão máxima do agregado	Não
Módulo de elasticidade	Não
Resistência característica à compressão	Sim
Volume total	Sim

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Apesar de não serem informados todos os parâmetros, as características transmitidas na solicitação correspondiam ao que fora definido em projeto (Quadro 4), inclusive quanto à escolha dos materiais empregados e condições de aplicação do concreto.

Quanto aos critérios de escolha da central dosadora, a obra analisada teve como fator decisivo a localização, tendo em vista que o trajeto dura cerca de 15 a 20 minutos da central à obra.

Conforme a ABESC (2007), a prestadora de serviço de concretagem deve ser escolhida ao se examinar a infraestrutura da central, sua localização em relação à obra, o nível de controle tecnológico, entre outros aspectos. Nesse caso, o gerente da obra levou em consideração apenas um dos itens.

De acordo com a NBR 7212 (ABNT, 2021), o concreto deve ser solicitado especificando a resistência à compressão na idade de controle, classe de agressividade ambiental, dimensão máxima característica do agregado graúdo, classe de consistência (abatimento) e classe de espalhamento. Dessa forma, a empresa cumpre com os requisitos da norma no momento do pedido.

#### 4.3.2 Atividades Preliminares

Atendendo às recomendações da NBR 14931 (ABNT, 2023), nos momentos que antecederam à concretagem, a obra visitada tomou alguns cuidados preliminares quanto ao sistema de forma, armadura, escoramento e instalações.

Esses cuidados se caracterizam como conferência das dimensões, nivelamento e prumo das formas, além da aplicação de desmoldante e verificação do espaçamento das armaduras. Seguiram rigorosamente as prescrições da norma supracitada, evitando assim, a retenção do agregado graúdo na armadura das lajes e paredes.

Segundo Neto (2007), o correto espaçamento entre as barras de aço, com relação à dimensão máxima do agregado graúdo utilizado, reduz a possibilidade de

vazios ocorrerem na parte superior do elemento estrutural, o que justifica a consideração acima.

Quanto ao sistema de formas, a NBR 14931 (ABNT, 2023) prevê que se for constituído por materiais que absorvam umidade, é necessário molhá-lo até a saturação, antes de ocorrer a concretagem. O sistema da obra é composto por formas metálicas, não sendo necessário molhá-las, apenas é aplicado desmoldante a fim de facilitar a retirada após a concretagem.

O responsável por realizar todas essas verificações é o Técnico em Edificações da obra, que examina todos os pavimentos antes da concretagem e permanece na laje durante a concretagem para garantir o cumprimento das normas.

#### 4.3.3 Recebimento

Observou-se como procedimento padrão na obra a preparação do canteiro para facilitar o acesso dos caminhões betoneira e da bomba lança para concreto ao local de descarga do concreto. Para tal, existe um caminho fixo que permite livre movimentação horizontal e vertical dos veículos, atendendo ao preconizado na NBR 14931 (ABNT, 2023).

- Conferência de documento fiscal e lacre

Durante o recebimento dos caminhões na obra foi conferido o lacre, além de todas as informações contidas no documento fiscal entregue pela prestadora de serviço.

Tal documentação continha os itens exigidos pela NBR 7212 (ABNT, 2021), como resistência característica à compressão, volume de concreto, classe de consistência, horário da primeira adição de água e quantidade máxima de água complementar a ser adicionada na obra. E ainda, além das informações obrigatórias, também constavam na nota o tipo de cimento e agregado graúdo utilizados.

- Ensaio de abatimento

Para aceitação preliminar do lote, a obra verificou a consistência do concreto através do abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) antes do início da descarga de todas as betonadas, em conformidade ao que preconiza a NBR 12655 (ABNT, 2022).

O responsável pela execução desse e dos outros ensaios de controle tecnológico era o técnico do laboratório contratado pela obra (terceirizado), que era um trabalhador fixo na obra, tendo seu ambiente próprio de trabalho dentro do canteiro.

Na Figura 10 pode ser observada a medição do *Slump* durante o recebimento do caminhão betoneira.

Figura 10 – Medição do *Slump Test*



Fonte: Acervo pessoal.

Ao ser observada cada etapa da realização do ensaio, constatou-se que o técnico de laboratório seguiu fielmente as prescrições da NBR 16889 (ABNT, 2020), incluindo:

- Firmeza dos pés nas abas do cone;
- Adensamento uniforme;
- Posicionamento em superfície nivelada;
- Alisamento da superfície;
- Três camadas com 25 golpes cada;

- Içamento vertical cuidadoso do cone;
- Medição correta do *Slump*.

Segundo a ABESC (2007), o resultado do *Slump Test* deve corresponder à tolerância especificada no documento entregue. Para a obra, a medição do *Slump* esperada é de 100 +- 20 mm. Todavia, um dos abatimentos medidos durante a concretagem acompanhada ficou fora da faixa permitida.

Quando o responsável pelo recebimento e o laboratorista se depararam com a situação de medição abaixo do especificado, foi solicitada a rotação contínua do caminhão betoneira por alguns minutos seguida da adição de água e, em seguida, realizado novamente o ensaio. Na segunda medição, a consistência desejada foi atingida.

Caso o responsável desejasse, poderia solicitar o retorno do caminhão para a central, posicionamento respaldado pela NBR 12655 (ABNT, 2022).

Mehta e Monteiro (2014) afirmam que a perda de abatimento é um fenômeno normal em todos os concretos porque resulta do enrijecimento gradual da pasta de cimento hidratada, entretanto, deve ser rigorosamente controlada para não comprometer o desempenho da estrutura.

- Ensaio de espalhamento

Após a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone (*Slump Test*), dois aditivos foram adicionados ao caminhão e iniciou-se a rotação contínua para a mistura efetiva dos novos componentes ao concreto já presente no caminhão. Após essa mistura, foi realizado o ensaio de espalhamento (*Flow Test*) em conformidade com a NBR 15823-2 (ABNT, 2017).

O ensaio de espalhamento classifica a fluidez do concreto autoadensável. Porém, diferentemente do *Slump Test* – em que o ensaio analisa o abatimento do tronco de cone – no *Slump Flow Test*, a amostra se espalha em uma placa metálica.

Além disso, vale ressaltar que o *Flow Test* é o ensaio principal para concreto autoadensável a fim de verificar se a fluidez corresponde ao que foi especificado.

Para a obra, o espalhamento esperado é de 700 +- 50 mm (classe SF2). Na Figura 11 pode ser vista a medição do espalhamento durante o ensaio.

Figura 11 – Espalhamento do concreto durante *Flow Test*



Fonte: Acervo pessoal.

Ao ser observada cada etapa da realização do ensaio, constatou-se que o técnico de laboratório seguiu fielmente as prescrições da NBR 15823-2 (ABNT, 2017). As etapas incluem:

- Limpeza dos materiais (cone, base plana e nivelada e régua);
- Posição do cone na base;
- Preenchimento do cone com concreto autoadensável;
- Remoção do cone de forma vertical sem tocar no concreto;
- Medição do espalhamento.

Nas medições observadas na obra, a medição do ensaio estava dentro da faixa permitida, não sendo necessário realizar alterações no traço.

#### 4.3.4 Controle Estatístico

- Amostragem

Conforme Mehta e Monteiro (2014), quanto maior o número de exemplares, melhor a estimativa da resistência característica e maior as probabilidades de aceitação do concreto lançado.

Na obra estudada, a cada caminhão eram moldados dez corpos de prova, para serem rompidos em diferentes idades (três, sete, quatorze, vinte e oito e a sessenta e três dias).

Conforme a NBR 16886 (ABNT, 2020), a quantidade de material coletada mínima corresponde a dois corpos de prova por caminhão, sendo assim, a obra atende a esse requisito. Deve-se ressaltar que, durante a concretagem acompanhada e através do relato do técnico, foi realizada a correta coleta dos corpos de prova.

- Moldagem das amostras

A partir da retirada das amostras de concreto, o laboratorista que atua na obra moldou os corpos de prova cilíndricos de dimensões 10 x 20 cm (Figura 12), que posteriormente foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial.

Figura 12 – Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Acervo pessoal.

Ao observar a moldagem dos corpos de prova, foi possível verificar os seguintes requisitos, expostos no Quadro 7.

Quadro 7 – Descrição dos procedimentos realizados durante o molde dos corpos de prova (CP)

Procedimento	Foi realizado?
Umedecimento do molde	Sim
Revestimento interno com lubrificante	Não
Apoio em superfície plana e rígida	Sim
Duas camadas por CP com 12 golpes por camada	Sim
Adensamento uniforme com auxílio de haste arredondada	Sim
Batidas no lado externo do molde	Sim
Rasamento da superfície	Sim

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme Leuck (2018), a moldagem dos corpos de prova em superfície plana e rígida pode intervir no resultado do ensaio de resistência à compressão. Na obra, essa moldagem ocorreu conforme a norma, diminuindo as possibilidades de erros no ensaio citado. O local em que foi feita a moldagem pode ser visto na Figura 13.

Figura 13 – Local de moldagem dos corpos de prova



Fonte: Acervo pessoal.

- Cura dos corpos de prova

Durante a visita, foi constatado que os corpos de prova são deixados imersos em água em local próximo ao cômodo do laboratorista, no próprio canteiro de obras, após cerca de 24 horas da moldagem – momento em que os corpos são desmoldados.

De acordo com as informações passadas durante a visita, os corpos de prova permaneceram em condições de temperatura controlada – dentro do tanque de imersão – até atingirem as idades de rompimento definidas pela construtora, período em que foram ensaiados para se obter a resistência a compressão dos exemplares.

- Ruptura dos corpos de prova

Na obra estudada, cada exemplar de corpo de prova (dois CPs) é rompido aos três (60 horas), sete, quatorze, vinte e oito e, por fim, a sessenta e três dias – caso a resistência aos vinte e oito dias não apresentasse resultado satisfatório.

Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022), cada exemplar dos corpos de prova deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, para cada idade de rompimento. Portanto, observa-se que a obra atende ao preconizado, ao moldarem e romperem os exemplares no mesmo ato.

Para aceitação definitiva do concreto lançado, a equipe analisada seguiu as recomendações da NBR 5739 (ABNT, 2018) ao comparar os resultados obtidos pelos ensaios com o valor estimado pelo projetista. Na situação do concreto não atingir a resistência de projeto aos vinte e oito dias, outro exemplar é rompido aos sessenta e três dias. Não ocorreu de haver divergência após essa data.

Após todos os rompimentos, o técnico laboratorista é responsável por construir uma curva contendo a resistência que cada exemplar (dois corpos de prova) alcançou em cada idade. Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), o procedimento está correto.

#### 4.3.5 Lançamento

Durante a visita observou-se que a obra seguia uma logística que variava de acordo com o dia de concretagem, o que implica na variação de quais blocos do pavimento seriam concretados – apenas apartamentos ou apartamentos e áreas comuns também.

O lançamento inicia nas áreas de difícil alcance e finaliza pela escada, a fim de desimpedir o tráfego durante a operação. Além disso, é válido ressaltar que a laje é concretada antes das paredes, porém ambas as operações ocorrem no mesmo dia.

Um obstáculo encontrado no lançamento foi a dificuldade de movimentação das tubulações emendadas da bomba lança para concreto. Por ser um mecanismo rígido e bruto, deslocá-lo implica em maior gasto de tempo e força, fatores que interferiram diretamente na continuidade da operação. Apesar disso, na concretagem, esse gargalo não gerou atrasos que ultrapassaram o tempo permitido pela NBR 7212 (ABNT, 2021) contado da primeira adição de água até o fim do lançamento, ou seja, 150 minutos.

De acordo com o informado pelo responsável, os seguintes requisitos foram atendidos pela etapa de lançamento:

- Preenchimento contínuo e uniforme;
- Espessura da camada menor do que 50 cm;
- Operação finalizada antes do início do tempo de pega;
- Lançamento direto das formas;
- Proximidade entre saída do mangote e posição definitiva do concreto.

O controle do lançamento evita que, pela diferença das massas específicas dos materiais constituintes, a brita chegue na base do elemento antes da argamassa, formando nichos de concretagem na parte inferior da peça estrutural (NEVILLE, 2016).

Por se tratar de um concreto autoadensável, esse não necessita de instrumento para efetuar adensamento e nivelamento – etapas que sucederiam o lançamento caso fosse um concreto convencional.

#### 4.3.6 Cura

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2023), os elementos estruturais devem ser curados até que atinjam resistência à compressão igual ou superior a 15 MPa. Conforme Helene e Salomon (2013), para escolher a técnica mais apropriada de cura deve-se analisar o processo construtivo, verificando a velocidade de desforma, custo e disponibilidade de recursos. Além do tipo de estrutura, devido à umidade relativa do ambiente, temperatura, velocidade do vento e localização da obra.

Na primeira laje da torre (chamada de “lajão” pelo técnico) o concreto lançado é o convencional e nesse, inicia-se a saturação da superfície recém-concretada pouco tempo depois, cobrindo-a com uma pequena lâmina de água.

Durante o período de visita, a umidade relativa do ar média constatada nas 05 concretagens foi de 75% e a temperatura de 25 °C. Em regiões com 95% de umidade não é preciso aplicar nenhuma técnica de cura, por outro lado, em áreas secas a ação é obrigatória (HELENE, 2010). Portanto, diante das condições ambientais favoráveis, a aplicação de cura úmida adotada é consentida.

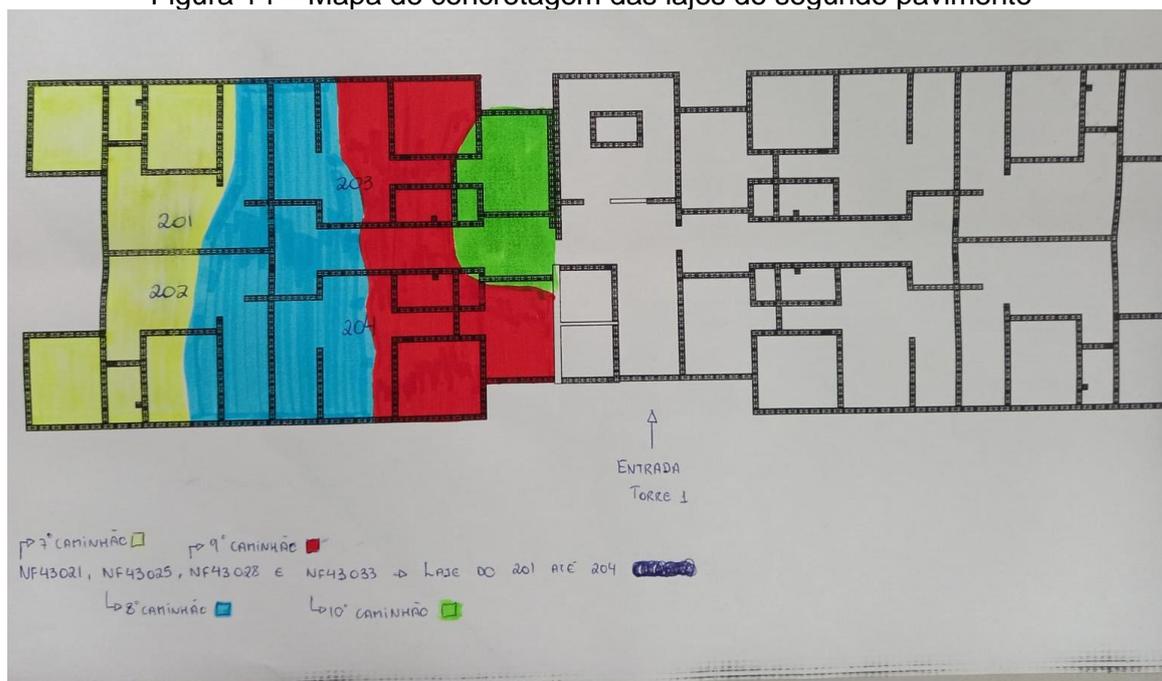
Nos demais pavimentos, a empresa não realiza cura, com a justificativa de que, ao se utilizar os aditivos que dão mais trabalhabilidade e fluidez ao concreto, o tempo de início de pega é diminuído e não se faz necessária a cura. Porém, essa prática não está de acordo com a NBR 15823-2 (ABNT, 2017).

#### 4.3.7 Rastreabilidade

Durante a chegada dos caminhões betoneira, o técnico entrevistado pintou as áreas de aplicação das betonadas em um croqui da planta baixa a fim de diferenciar os locais concretados por cada caminhão. A esse documento dá-se o nome de mapa de concretagem.

Na Figura 14 pode ser visto um exemplo de mapa de concretagem executado pelo técnico. Esse foi efetuado referente ao segundo pavimento, sendo o mapa relacionado às lajes.

Figura 14 – Mapa de concretagem das lajes do segundo pavimento



Fonte: Acervo pessoal.

A NBR 12655 (ABNT, 2022) exige que o profissional responsável pela obra efetue a rastreabilidade do concreto lançado na estrutura, o que ocorre na obra investigada.

#### 4.3.8 Documentos Investigados na Obra

A equipe administrativa da obra arquiva documentos, como certificados, relatórios, notas fiscais, projetos e laudos por pelo menos 5 anos após serem entregues.

Abaixo encontram-se os documentos conservados pela empresa:

- Relatórios dos ensaios de resistência à compressão;
- Certificados dos ensaios realizados pela central dosadora;
- Normatização técnica para execução da estrutura.

Além desses, a obra poderia ter em seus arquivos: certificados de calibração dos equipamentos, como a máquina de ensaio de resistência à compressão e balanças, utilizados nos ensaios; e, a elaboração do Data Book, que equivale a um livro de registros utilizado em obras para registrar e documentar informações

relevantes ao longo do processo de construção. Porém, esses documentos citados são opcionais, não obrigatórios.

Ademais, quando necessário, a gerência da obra pode solicitar à central a carta traço, que segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021) deve conter:

- Data da elaboração da carta de traço;
- Código de identificação do traço;
- Especificação do concreto;
- Materiais utilizados;
- Fornecedores de insumos;
- Quantidade em massa de cada componente do concreto;
- Assinatura do responsável técnico.

#### 4.4 PAREDES DE CONCRETO

Conforme dito, o concreto utilizado no residencial para o presente estudo foi o concreto autoadensável (CAA). As características desse material seguiram as prescrições do projeto estrutural, segundo debatido nos tópicos anteriores.

O objetivo deste tópico é detalhar a disposição dos pavimentos, bem como das resistências esperadas, disposição dos jogos de formas, armaduras e instalações.

Na Figura 15, pode ser vista a elevação da estrutura – fotografia registrada durante a visita.

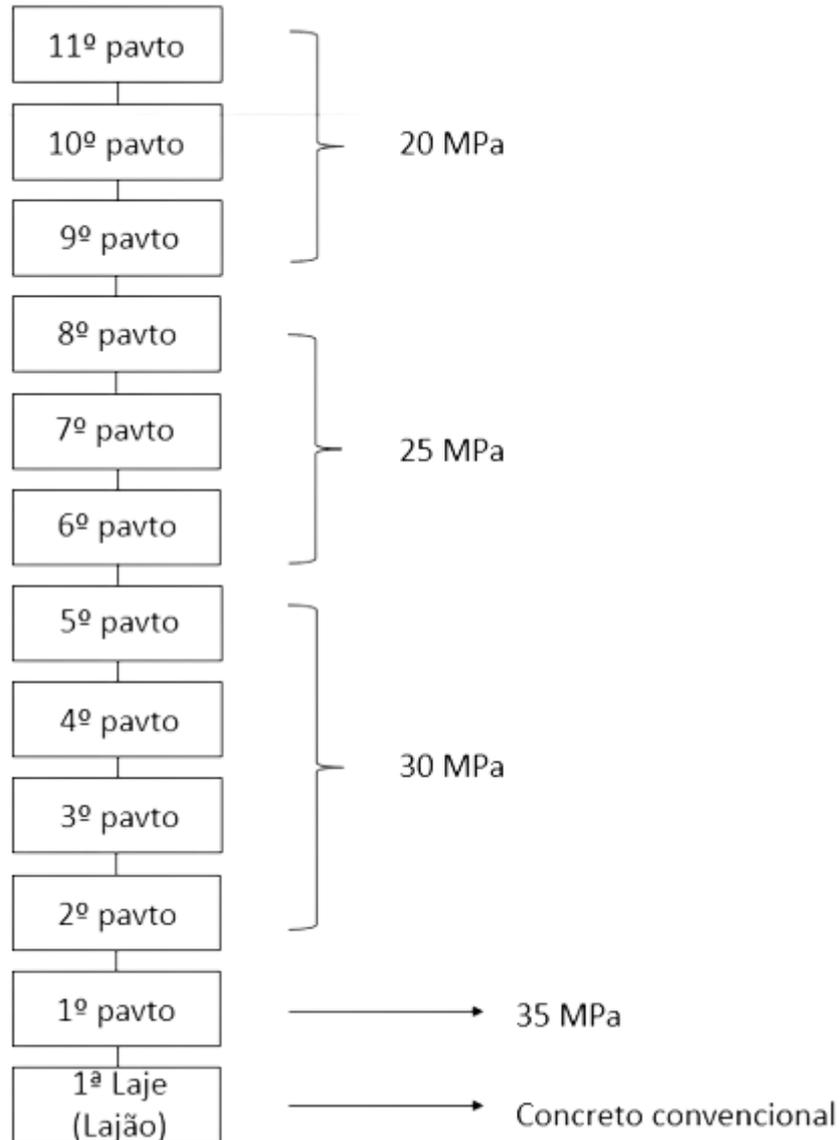
Figura 15 – Elevação da estrutura até o momento da visita



Fonte: Acervo pessoal.

Assim, apresenta-se na Figura 16 as especificações do projeto de estrutura e a resistência esperada para cada pavimento.

Figura 16 – Características previstas na obra quanto à resistência



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Segundo Corsini (2012), as formas metálicas constituem o sistema que menos produz passivos ambientais e exigem menor manutenção. Isso se dá devido às formas serem feitas sob medida, conforme as especificações de cada projeto, e ao alto ciclo de utilização.

Conforme a NBR 16055 (ABNT, 2022), o sistema de formas deve estar acompanhado do projeto e o responsável pela execução da obra deve analisar o que possam estar presentes antes do início do processo de montagem, o que ocorreu na obra investigada.

Na Figura 17 pode ser visto o jogo de formas metálicas já montado no local.

Figura 17 – Vista das formas metálicas



Fonte: Acervo pessoal.

A montagem das armaduras das paredes inicia-se pela armadura principal em tela soldada e posteriormente são posicionadas as armaduras de reforço e ancoragens (MISURELLI; MASSUDA, 2009), conforme observado na obra.

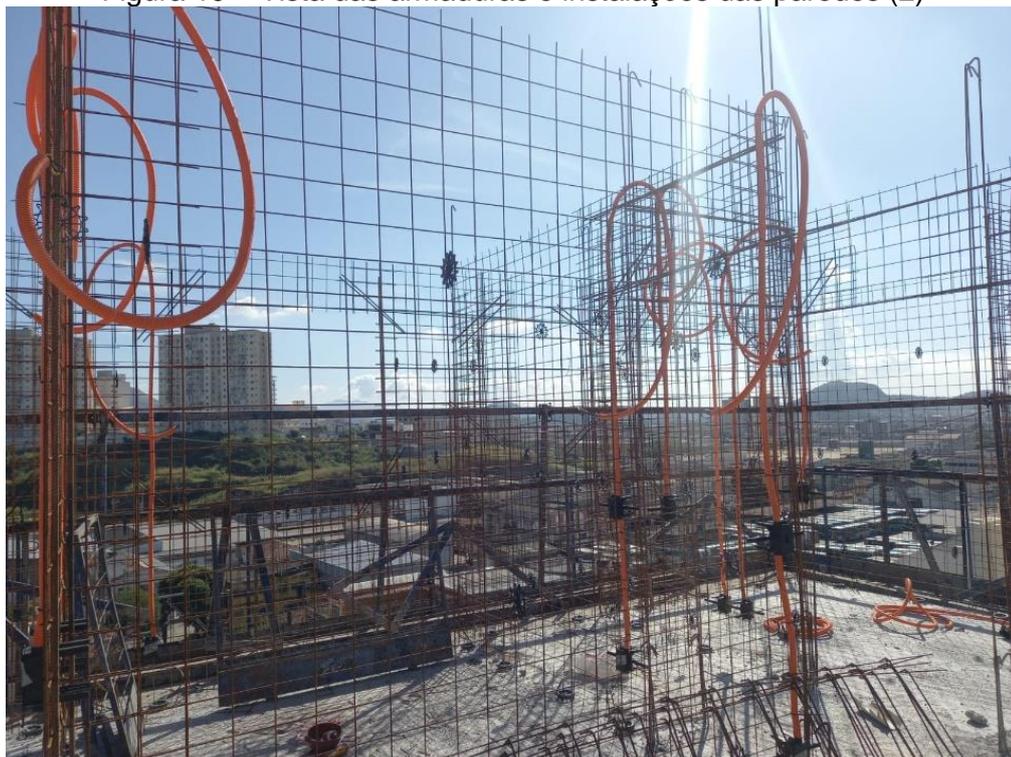
Nas figuras 18, 19 e 20 podem ser visualizadas, através de diferentes ângulos, as armaduras juntamente com as instalações antes da etapa da colocação das formas.

Figura 18 – Vista das armaduras e instalações das paredes (1)



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 19 – Vista das armaduras e instalações das paredes (2)



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 20 – Vista das armaduras e instalações das paredes (3)



Fonte: Acervo pessoal.

Vale destacar que as formas atendem às dimensões mínimas e, a localização e tamanho dos diâmetros das instalações também estão de acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2022). Além disso, o comprimento das paredes é maior a dez vezes a sua espessura, sendo que a sua espessura mede 10 cm, segundo a norma supracitada.

## 5 CONCLUSÃO

Baseado nos resultados apresentados, e levando em consideração os objetivos do trabalho, pode-se concluir algumas questões com relação à adoção de práticas de controle antes, durante e após a concretagem na obra investigada.

Com relação à central, os procedimentos de instrução de adição de água e de tempo máximo de percurso estão conforme a NBR 7212 (ABNT, 2021). Além disso, os critérios de escolha da central dosadora também cumprem a norma supracitada.

Ao analisar os projetos estruturais foi possível identificar os valores de referência exigidos pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Os projetistas seguiram as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014) e da NBR 12655 (ABNT, 2022) em relação às definições de parâmetros do concreto no projeto estrutural de forma. Ademais, a correta especificação das características nos projetos contribui para o desejável desempenho da estrutura e reduz a probabilidade de surgimento de patologias.

Segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021), a empresa cumpre os requisitos exigidos pela norma para efetuação do pedido à central. Atendendo às recomendações da NBR 14931 (ABNT, 2023), a obra investigada executou serviços preliminares quanto ao sistema de forma, armadura, escoramento e instalações.

Com relação aos procedimentos de recebimento do concreto, estavam conforme a NBR 7212 (ABNT, 2021), incluindo conferência de documento fiscal e lacre. Além disso, os ensaios de abatimento de tronco (*Slump Test*) e de espalhamento (*Flow Test*) foram realizados em conformidade às normas NBR 16889 (ABNT, 2020) e NBR 15823-2 (ABNT, 2017).

Conforme a NBR 16887 (ABNT, 2020), o controle tecnológico é efetuado de maneira adequada com relação à cura, quantidade e ruptura nas datas determinadas pela empresa. A moldagem também estava de acordo com a norma, com exceção do revestimento interno com lubrificante de cada corpo de prova antes da moldagem.

Ao analisar o processo de cura das paredes de concreto, conclui-se que a empresa não executa tal procedimento, o que foi incompatível com a NBR 15823-2

(ABNT, 2017). Com relação à rastreabilidade, a empresa segue o prescrito pela NBR 12655 (ABNT, 2022).

Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2022), o sistema de formas e instalações, bem como as especificações de resistência para cada pavimento e comprimento das paredes estão adequados.

Ademais, a comunicação entre central e dosadora, apesar de ser facilitada, apresentou fragilidades, uma vez que apenas o gerente da central era capaz de enviar documentos como carta traço e responder algumas dúvidas da gerência da obra. Assim, com o afastamento do gerente, não foi possível ao engenheiro responsável pela obra receber todas as informações.

No Quadro 8 pode ser visto o resumo sobre os procedimentos analisados, suas adequações e normas correspondentes.

**Quadro 8 – Considerações finais acerca dos procedimentos investigados**

PROCEDIMENTO	ESTÁ ADEQUADO?	NORMA
Central	Sim	NBR 7212 (ABNT, 2021)
Projetos estruturais	Sim	NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 12655 (ABNT, 2022)
Solicitação de concreto à central	Sim	NBR 7212 (ABNT, 2021)
Serviços preliminares	Sim	NBR 14931 (ABNT, 2023)
Recebimento do caminhão	Sim	NBR 7212 (ABNT, 2021)
Slump Test	Sim	NBR 16889 (ABNT, 2020)
Flow Test	Sim	NBR 15823-2 (ABNT, 2017)
Controle tecnológico	Sim	NBR 16887 (ABNT, 2020)
Cura das paredes	Não	NBR 15823-2 (ABNT, 2017)
Rastreabilidade	Sim	NBR 12655 (ABNT, 2022)
Sistema de formas	Sim	NBR 16055 (ABNT, 2022)

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Com base nas pesquisas aqui realizadas, pode-se concluir que, embora tenham sido identificadas algumas irregularidades em relação às normas – como a

não realização da cura – a empresa estudada implementa práticas de controle ao longo de todo o processo de concretagem, tendo por consequência maior qualidade final da construção.

Dessa forma, a sugestão para possíveis trabalhos é a aplicação novamente da pesquisa com uma amostra maior de obras, possibilitando, assim, uma comparação com os resultados obtidos no presente estudo para verificar se houve uma evolução com relação às falhas na execução, incluindo o processo de otimização da mão de obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. **Industrializar em Concreto**. v. 17. Recife, 2019. Disponível em: <<https://abcic.org.br/Arquivos/Edicoes/fn4ko12d.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2023.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Manual do Concreto Dosado em Central**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM9**. Concreto e argamassa – Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. Rio de Janeiro, p. 7. 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 15558**. Concreto – Determinação da exsudação. Rio de Janeiro, p. 7. 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 6467**. Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio. Rio de Janeiro, p. 5. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 9833**. Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, p. 7. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 12142**. Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, p. 5. 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 7222**. Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, p. 5. 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 10342**. Concreto – Perda de abatimento – Método de ensaio. Rio de Janeiro, p. 2. 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 8953**. Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, p. 3. 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738**. Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, p. 9. 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 15823-1**. Concreto autoadensável: Parte 1 – Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, p. 14. 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 15823-2**. Concreto autoadensável: Parte 2 – Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, p. 5. 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 1660**. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, p. 4. 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 16697**. Cimento Portland – Requisito. Rio de Janeiro, p. 12. 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 16607**. Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro, p. 4. 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739**. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, p. 9. 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 16886**. Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, p. 4. 2020.

\_\_\_\_\_. **NBR 16889**. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, p. 5. 2020.

\_\_\_\_\_. **NBR 7482**. Fios de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação. Rio de Janeiro, p. 9. 2020.

\_\_\_\_\_. **NBR 7212**. Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro: p. 25. 2021

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1 - 1: Base padrão de arquivos climáticos para a avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento de simulação computacional. Rio de Janeiro, p. 6. 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16916**. Agregado miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, p. 6. 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16917**. Agregado graúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, p. 6. 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 16972**. Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, p. 6. 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, p. 6. 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 16055**. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, p. 44. 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, p. 5. 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**. Agregados para concreto – Requisitos. Rio de Janeiro, p. 10. 2022.

\_\_\_\_\_. **NBR 14931**. Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos. Rio de Janeiro, p. 85. 2023.

\_\_\_\_\_. **NBR 17086-6**. Cimento Portland – Análise química Parte 6: Determinação da perda ao fogo. Rio de Janeiro, p. 3. 2023.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 212: Chemical Admixtures for Concrete**. Farmington Hills: 2016. 174 p.

ANDOLFATO, R. P. **Controle Tecnológico Básico Do Concreto**. São Paulo, 2002.

BATTAGIN, A. F. **Uma breve história do cimento Portland**. 2009. Disponível em: <<https://abcp.org.br/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>>. Acesso em: 2 jun. 2023.

BOGGIO, A. J. **Estudo Comparativo de Métodos de Dosagem de Concretos de Cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, p. 187. 2000.

BORGES, M. L. **Avaliação da Qualidade de Concretos Produzidos em Centrais Dosadoras, Misturados em Caminhão Betoneira e de Concretos Produzidos em Centrais Misturadoras**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás – UFG. Goiânia, p. 100. 2009.

BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projetos de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p.188. 2013.

CAMACHO, J.S. **Concreto Armado: Estados Limites de utilização**. Notas de aula – Universidade Estadual Paulista. São Paulo. 2005.

CAMPOS, L. F. A. **Plano de Concretagem deve contar com minucioso estudo logístico**. AEC. 2013.

CORSINI, R. **Paredes Normatizadas**. Revista Técnica, São Paulo, n. 183, junho, 2012.

FACHINI, A. C.; SOUZA, U. E. L. **Subsídios para programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional**. São Paulo: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, 2006.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.

FREITAS E. C.; PRODANOV C. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo. Rio Grande do Sul. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, P. C. C.; BARROS, A. R. **Métodos de Dosagem de Concreto Autoadensável**. São Paulo: Pini, 2009.

HELENE, P; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: Pini, 1993. 349 p.

HELENE, P. Três sistemas construtivos em empreendimento residencial econômico. In: **Concreto & Construções**. Novas tecnologias do concreto para o crescimento sustentável. São Paulo: Revista oficial do IBRACON, 2010. Ed. 60. p. 8-20.

\_\_\_\_\_; TUTIKIAN, B. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In.: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 415-452.

\_\_\_\_\_; SALOMON, L. **Cura do concreto**. Boletim técnico. ALCONPAT: Brasil. 2013.

ISAIA, G. A Evolução do Concreto Estrutural. In: **Concreto: Ciência e Tecnologia**. Ed. G. C. ISAIA. 1.ed. v.1. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto: IBRACON, 2011.

LEUCK, P. H. **Estudo da influência de diferentes têxteis de fibra de vidro no comportamento mecânico do concreto têxtil**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. 110 p. 2018.

LIMA, J. P.; COSTA, C. P. Três sistemas construtivos em empreendimento residencial econômico. In: **Concreto & Construções**. Sistemas construtivos Paredes de Concreto, Alvenaria Estrutural e Pré-fabricados de Concreto. São Paulo: Revista oficial do IBRACON, 2018. Ed. 90. p. 21-25.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2 ed. Editora Nicole Pagan Hasparyk, 2014.

MINAYO, M. C. de S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 28<sup>a</sup>. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MISURELLI, H; MASSUDA, C. **Como construir Paredes de Concreto**. Revista Técnica, São Paulo, n. 147, 2009.

NETO, E. H. **O Risco da Falta de Controle Tecnológico do Concreto**. São Paulo: ABECE, 2007.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2 ed. São Paulo: Ed. Bookman, 2010.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5 ed. São Paulo: Bookman, 2016.

PACHECO, J.; HELENE, P. **Boletín Técnico: Controle da resistência do concreto Brasil**. ALCONPAT, 2013.

PELACANI, V. L. **Responsabilidade na Construção Civil**. Curitiba, 2010.

PINHEIRO, I. **Armazenamento do cimento na obra**. 2017. Disponível em: <<https://www.inovacivil.com.br/dicas-organizacao-canteiro-de-obras/>>. Acesso em: jun 2023.

PEREIRA, M. S. **Controle da Resistência do Concreto: Paradigmas e Variabilidades – Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado). Departamento de

Engenharia Civil e Ambiental – PECC. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 229 p. 2008.

RECENA, F. A; PEREIRA, F. M. Produção e Controle de Concreto em Obras. In.: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

REGATTIERI, C. E. X; MARANHÃO, F. L. Produção e Controle de Concreto Dosado em Central. In.: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 501-536.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**. ET – 67. São Paulo: ABCP, 1998.

SANTIAGO, W. C. **Estudo da não conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

\_\_\_\_\_; BECK, A. T. Um Estudo da Conformidade da Resistência do Concreto Convencional Produzido no Brasil, **59º Congresso Brasileiro do Concreto**. Bento Gonçalves, IBRACON, 2017.

SANTOS, A. Paredes de concreto já dominam Minha Casa Minha Vida. **Revista Massa Cinzenta**. Curitiba, v. 35, n. 1, p. 56, jan./abr. 2016. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/paredes-de-concreto-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

\_\_\_\_\_. Cresce uso de paredes de concreto entre países latinos. **Revista Massa Cinzenta**. Curitiba, v. 40, n. 1, p. 85, jan./abr. 2018. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/cresce-uso-de-paredes-de-concreto-entre-paises-latinos/>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SANTOS, V. F. N.; ALVES, M. A. A. Unidades de alimentação e nutrição no Brasil: Conhecendo o perfil de seus pesquisadores. **Revista Científica Linkania Master**. v.1, n. 9, p.86, 2014.

TECNOSIL. **Paredes de Concreto Moldadas “in loco”**: o que são e por que usá-las na sua obra? 2017. Disponível em: <<http://www.tecnosilbr.com.br/conteudo/?p=157>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

TUTIKIAN, B.; DAL MOLIN, D. **Concreto Autoadensável**. 3 ed. São Paulo: SP, 2021.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. de Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## ANEXO A – FORMULÁRIO

Protocolo de Entrevista – OBRA

Nome do entrevistado:

Função:

- 1 – Os pedidos são sempre realizados na mesma central?
- 2 – Com quanto tempo o concreto é solicitado e quais informações são requeridas à central?
- 3 – Como foi definida a central dosadora?
- 4 – Quais os procedimentos adotados pela central com relação à adição de água e tempo de transporte?
- 5 – A equipe utilizada para executar a concretagem é terceirizada ou a própria equipe das outras etapas? Recebem algum treinamento específico?
- 6 – Como é definida a ordem das áreas a serem concretadas?
- 7 – Como é feito o planejamento da concretagem? Existe um cronograma?
- 8 – Existe um local adequado para o recebimento do caminhão-betoneira? Como é levado o concreto do caminhão até a área a ser concretada?
- 9 – Quais documentos/informações são exigidos no recebimento do concreto?
- 10 – Como é realizado o *Slump Test*? Quem o executa? Caso haja desconformidade com o que consta no documento qual o procedimento?
- 11 – Como é realizado o *Flow Test*? Quem o executa? Caso haja desconformidade com o que consta no documento qual o procedimento?
- 12 – Já foi realizada alguma visita à central responsável para verificar os serviços? E ao laboratório?
- 13 – Como ocorre a moldagem dos corpos de prova e a cura?

14 – Com quantos dias são realizadas as rupturas dos corpos de prova? São comparados os resultados com os valores de projeto? Qual o procedimento em caso de não conformidade?

15 – Quais as funções do técnico laboratorista na obra?

16 – Como são montadas as formas e instalações das paredes?

17 – Como é realizada a cura das paredes de concreto?

18 – Quais as resistências esperadas para cada pavimento da obra?

19 – Os certificados de calibração dos equipamentos de laboratório são armazenados na obra?

20 – Quais documentos ficam armazenados na obra? Durante quanto tempo?