

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
Curso Bacharelado em Engenharia Civil

DENNIS RODRIGO CAPELLINI DE SOUZA
ESDRAS ALMEIDA ROCHA DOS SANTOS

ANÁLISE DE BOAS PRATICAS DE CONCRETAGEM COM CONCRETO
AUTOADENSÁVEL - ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA
PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN
LOCO

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP

2025

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO

DENNIS RODRIGO CAPELLINI DE SOUZA
ESDRAS ALMEIDA ROCHA DOS SANTOS

ANÁLISE DE BOAS PRATICAS DE CONCRETAGEM COM CONCRETO
AUTOADENSÁVEL - ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA
PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN
LOCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Paraíba de SJC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil sob orientação do Prof. Msc. Luca Gomes Pereira de Vilhena Lorenzini.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP
2025

DENNIS RODRIGO CAPELLINI DE SOUZA
ESDRAS ALMEIDA ROCHA DOS SANTOS

**ANÁLISE DE BOAS PRATICAS DE CONCRETAGEM COM CONCRETO
AUTOADENSÁVEL - ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA
PREVENÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN
LOCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale
do Paraíba de São José dos Campos como requisito
parcial para obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Prof. Msc. Luca Gomes Pereira de Vilhena Lorenzini – Orientador
Universidade do Vale do Paraíba - Univap

Prof. Dra. Julia Wippich Lencioni – Examinador I
Universidade do Vale do Paraíba - Univap

Prof. Dr. Guido Santos de Almeida Junior – Examinador II
Universidade do Vale do Paraíba - Univap

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP
2025

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos conceder força, sabedoria e saúde ao longo dessa jornada acadêmica. Às nossas famílias, pelo apoio incondicional, amor e compreensão durante todos os momentos dessa caminhada. Sem vocês, nada disso seria possível.

Aos nossos professores, que nos transmitiram conhecimento com dedicação e paciência, em especial ao professor orientador Msc. Luca Gomes Pereira de Vilhena Lorenzini, por sua orientação, incentivo e disponibilidade ao longo da elaboração deste trabalho.

Aos colegas de curso, pelas trocas de experiências, companheirismo e pelos momentos que tornaram nossa trajetória mais leve e significativa.

Entre nós, Dennis e Esdras, queremos também expressar nosso respeito mútuo e gratidão pela parceria, comprometimento e amizade que se fortaleceram durante o desenvolvimento deste TCC. Trabalhar juntos foi desafiador, mas também enriquecedor e essencial para a conclusão deste projeto.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, nosso mais sincero agradecimento.

*“A mente que se abre a uma ideia,
jamais voltará ao seu tamanho
original”.*

(Albert Einstein)

RESUMO

O concreto autoadensável caracteriza-se por sua alta fluidez e pela capacidade de preencher formas complexas sem a necessidade de vibração, exigindo, entretanto, controle rigoroso para evitar patologias. Esse fenômeno pode comprometer tanto a resistência quanto o aspecto superficial das paredes moldadas in loco, tornando indispensável a aplicação de boas práticas de qualidade em todas as etapas construtivas. Medidas como o controle adequado do *slump flow*, o transporte, lançamento correto do material e montagem adequada das formas, contribuem para reduzir significativamente a ocorrência de patologias. Este estudo de caso tem como finalidade analisar os benefícios do concreto auto adensável em paredes moldadas in loco de edificações verticais e as práticas executivas adotadas nas fases de produção, abatimento, transporte, lançamento, espaçamento, granulometria e fôrmas. A pesquisa foi conduzida com base em observações de campo, análises técnicas e comparação com estudos anteriores, a fim de compreender os fatores técnicos e construtivos. As avaliações indicaram que nas condições estudadas, não foram observadas nenhuma manifestação patológica, sendo possível identificar o resultado das boas práticas aplicadas pela empresa para garantir o controle de qualidade e o desempenho adequado das estruturas.

Palavras-chave: Concreto autoadensável; Agregados; Abatimento *Slump Flow*; Parede de concreto; Patologias e Controle de qualidade.

ABSTRACT

Self-compacting concrete is characterized by its high fluidity and ability to fill complex forms without the need for vibration; however, it requires rigorous control to avoid pathologies. This phenomenon can compromise both the strength and the surface appearance of cast-in-place walls, making the application of good quality practices essential at all stages of construction. Measures such as adequate slump flow control, transportation, correct material placement, and proper formwork assembly contribute to significantly reducing the occurrence of pathologies. This case study aims to analyze the benefits of self-compacting concrete in cast-in-place walls of vertical buildings and the construction practices adopted in the production, slump, transportation, placement, spacing, particle size distribution, and formwork phases. The research was conducted based on field observations, technical analyses, and comparison with previous studies in order to understand the technical and construction factors. The assessments indicated that, under the conditions studied, no pathological manifestations were observed, making it possible to identify the result of the good practices applied by the company to guarantee quality control and the adequate performance of the structures.

Keywords: *Self-compacting concrete; Aggregates; Slump flow; Concrete walls; Pathologies and quality control.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Determinação do abatimento.....	17
Figura 2: Ensaio de espalhamento <i>slump flow</i>	18
Figura 3: Formulário coletas dos dados concretagem.....	28
Figura 4: FVS de Parede de Concreto.....	31
Figura 5: FVS de Parede de Concreto (continuação).....	32
Figura 6: Marcação das Paredes.....	33
Figura 7: Instalação das telas.....	34
Figura 8: Instalação das telas e espaçadores.....	34
Figura 9: Passagem da infraestrutura elétrica.....	35
Figura 10: Fechamento com formas metálicas.....	36
Figura 11: Desforma das paredes.....	37
Figura 12: Chegada caminhão.....	37
Figura 13: Descarga do concreto.....	38
Figura 14: <i>Slump flow</i> concreto.....	38
Figura 15: Carta traço do concreto.....	39
Figura 16: Peneiramento do concreto.....	40
Figura 17: Transporte do concreto até o local espaçadores.....	40
Figura 18: Espaçadores entre formas.....	41
Figura 19: Lançamento do concreto.....	41
Figura 20: Instalação das malhas pop laje.....	42
Figura 21: Instalação da infraestrutura elétrica e hidráulica.....	42
Figura 22: Concretagem da laje.....	43
Figura 23: Cura do concreto autoadensável laje.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 CIMENTO PORTLAND E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS.....	14
2.2 CONCRETO AUTOADENSÁVEL.....	14
2.3 TRANSPORTE DO CONCRETO.....	16
2.4 ABATIMENTO (SLUMP TEST).....	16
2.5 PAREDE DE CONCRETO ARMADO.....	18
2.5.1 PATOLOGIA EM PAREDES DE CONCRETO.....	19
2.5.2 FALHAS NA CONCRETAGEM.....	20
2.5.3 EFICÁCIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO.....	21
2.5.4 PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO.....	22
3. METODOLOGIA.....	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1 CONDICIONANTES.....	26
4.2 ESCOLHA DA OBRA DE TRABALHO.....	26
4.3 ESTUDO DE CASO.....	27
4.4 DEFINIR CRITÉRIOS PARA COLETA E ANOTAÇÃO DE INFORMAÇÃO.....	27
5. RESULTADOS DA PESQUISA.....	29
5.1 LOCAÇÃO DAS PAREDES.....	29
5.1.1 POSICIONAMENTO TELA DE AÇO, ARMAÇÃO POSITIVA E NEGATIVA.....	29
5.1.2 MONTAGEM DA FÔRMA.....	29
5.1.3 CONCRETAGEM.....	30
5.2 CONFERÊNCIA (FVS).....	31
5.3 ANÁLISE DAS FICHAS DE CONCRETAGEM.....	32
5.4 REGISTROS FOTOGRÁFICOS.....	32
6. CONCLUSÃO.....	45

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	47
ANEXO A – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 25/09/2025.....	53
ANEXO B – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 25/09/2025.....	53
ANEXO C – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 26/09/2025.....	54
ANEXO D – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 26/09/2025.....	54
ANEXO E – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 16/10/2025.....	55
ANEXO F – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 16/10/2025.....	55
ANEXO G – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 17/10/2025.....	56
ANEXO H – FICHA DE CONCRETAGEM PREENCHIDA DIA 17/10/2025.....	56
ANEXO I – DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO.....	57

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vivenciou uma expansão acelerada que trouxe consigo modificações nos parâmetros de controle de qualidade aplicados às estruturas de concreto. Essa evolução, embora impulsionada pela busca de inovações tecnológicas, implicou na aceitação de patamares de risco mais significativos. Tais riscos, mesmo quando normatizados por critérios e regulamentações específicas, foram progressivamente integrados às práticas construtivas, viabilizando a evolução tecnológica do setor (Souza & Ripper, 1998).

Conforme destacado por Deming (1986): "A produção de produtos e serviços com qualidade reduz custos de trabalho, refugos e devoluções e, mais importante, boa qualidade gera satisfação do cliente". Esta afirmação evidencia a relevância de implementar controles de qualidade direcionados principalmente aos processos que impactam diversos aspectos do resultado.

As práticas contemporâneas de controle de qualidade tiveram origem nos anos 1930, em território norte-americano, quando *Walter A. Shewhart* desenvolveu e aplicou industrialmente seu reconhecido gráfico de controle na companhia "*Bell Telephone Laboratories*". Por meio de um memorando elaborado em 16 de maio de 1924, *Shewhart* apresentou sua ferramenta gráfica voltada à análise de dados provenientes de inspeções, marcando uma transição significativa: o foco deixou de ser apenas a inspeção — procedimento centrado na identificação e correção de produtos com defeitos — e passou a valorizar o estudo e a prevenção de problemas de qualidade, evitando assim a fabricação de produtos defeituosos desde a origem (Paladini et al., 2012, p. 10).

O Sistema de Gestão da Qualidade – SGQ representa uma das ferramentas aplicadas no controle qualitativo de produtos em diversos segmentos industriais. O movimento em torno dessas ferramentas alcançou seu momento mais expressivo durante os anos 1990, período em que as normas da família ISO 9000 ganharam destaque internacional como referência de garantia de qualidade em processos e produtos (Mariquito et al, 2017).

No âmbito da Gestão da Qualidade, há uma variedade de instrumentos que favorecem o aprimoramento dos processos e serviços organizacionais. De acordo com Andrade (2023), tais instrumentos têm a função de definir, mensurar, analisar e apresentar soluções para problemas que afetam o desempenho e os resultados empresariais. Esses recursos possibilitam o estabelecimento de metodologias de resolução mais sofisticadas, fundamentadas em fatos e dados concretos, elevando a efetividade dos planos de ação. A finalidade principal da utilização destas ferramentas consiste em alcançar a qualidade por meio do princípio de melhoria contínua estabelecido nas normas NBR ISO 9000 e NBR ISO 9001 de 2015.

De acordo com Idrogo (2003), o fenômeno da globalização e a consequente abertura dos mercados intensificaram a competição entre organizações, levando diversos países a adotarem a gestão da qualidade como requisito essencial para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento contínuo das empresas. A autora destaca ainda que a inspeção no processo fabril industrial constituiu a primeira atividade estabelecida nos sistemas de qualidade. Foi a partir dessa prática que os parâmetros de análise qualitativa evoluíram e a responsabilidade gerencial se fortaleceu, conquistando autonomia. Subsequentemente à inspeção, outras atividades emergiram conforme as demandas de desenvolvimento e aprimoramento da qualidade, incluindo o controle, a garantia e a gestão da qualidade.

Em 2000, o Governo Federal Brasileiro instituiu o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H. Esta iniciativa foi estruturada considerando as especificidades do setor construtivo, tendo como propósito assegurar dois aspectos fundamentais: a qualidade, expressa em obras caracterizadas pela segurança e durabilidade; e a produtividade setorial por meio da modernização da construção civil (Brasil, 2023).

No contexto das questões qualitativas do setor de construção civil, merece destaque especial o papel desempenhado pelo concreto nas edificações. Tal relevância possibilitou sua utilização extensiva desde tempos remotos, como demonstram os aquedutos e estruturas de contenção edificadas pelos romanos. Adicionalmente, o concreto é largamente aplicado em função da versatilidade de moldagem em variadas formas e dimensões, associada ao seu custo reduzido e disponibilidade facilitada nos canteiros (Mehta, Monteiro, 1994).

Atualmente, o concreto de cimento Portland constitui o material predominante na construção civil, especialmente como elemento estrutural. Embora seja relativamente recente quando comparado a outros materiais construtivos, figura como uma das descobertas mais importantes da história, tendo contribuído expressivamente para o progresso da engenharia e para a elevação da qualidade de vida da sociedade (Helene & Andrade, 2010).

Nesse cenário, emergem a deterioração e as patologias estruturais, cujas origens podem abranger desde o desgaste natural e eventos acidentais até práticas inadequadas de profissionais que empregam materiais em desconformidade com as especificações técnicas. Frente a esse panorama, consolidou-se um novo campo de estudo na engenharia civil: a patologia das estruturas. Esta área se dedica à investigação das origens, manifestações, consequências e mecanismos das falhas e defeitos nas estruturas, buscando compreender suas causas fundamentais e desenvolver soluções apropriadas (Souza & Ripper, 1998).

Diante desse contexto, a expansão no emprego do método de paredes de concreto moldadas "in loco", em conformidade com a norma regulamentadora que estabelece requisitos e procedimentos,

configura um avanço significativo rumo à industrialização da construção civil. Por tratar-se de um método industrializado, racionalizado e geralmente aplicado em empreendimentos de grande porte com alta repetitividade, o monitoramento da execução dos serviços e dos processos vinculados a esse sistema pode constituir um dos mecanismos para garantir que o resultado almejado seja obtido com maior qualidade e menor necessidade de intervenções pós-execução (retrabalhos e manutenções), tornando-se economicamente vantajoso (Cambraia, 2017).

Conforme Misurelli e Massuda (2009), o sistema de Paredes de Concreto representa um método construtivo que oferece maior produtividade, qualidade e economia de escala, no qual a vedação e a estrutura constituem um elemento único, moldado "in loco", possibilitando a incorporação de instalações elétricas, hidráulicas e esquadrias.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é avaliar os benefícios do emprego do concreto autoadensável (CAA) na execução de paredes de concreto moldadas in loco, com ênfase na melhoria do controle de qualidade, especialmente na redução de manifestações patológicas relacionadas ao adensamento inadequado, como segregação, falhas de preenchimento e porosidade, contribuindo para maior confiabilidade no desempenho estrutural e acabamento final.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Identificar os principais parâmetros tecnológicos do CAA que influenciam seu desempenho em paredes de concreto, considerando fluidez, coesão e capacidade de preenchimento.
- Analisar a influência do método de lançamento e das condições de moldagem na ocorrência de segregação, bolhas de ar e falhas de preenchimento.
- Verificar a conformidade do CAA com os critérios normativos e requisitos de qualidade exigidos para paredes de concreto moldadas in loco.

1.3 JUSTIFICATIVA

A utilização do concreto autoadensável (CAA) em paredes de concreto moldadas in loco vem se destacando como uma inovação tecnológica capaz de elevar o padrão de qualidade na construção civil. Diferentemente do concreto convencional, o CAA apresenta elevada fluidez, coesão e capacidade de preencher formas complexas sem a necessidade de adensamento mecânico. Essas características contribuem diretamente para a redução de falhas como segregação, bolhas de ar, ninho de concretagem e outros defeitos que comprometem o desempenho estrutural e o acabamento final das paredes (Tutikian, 2015)

Diante do aumento da industrialização dos sistemas construtivos, especialmente em empreendimentos residenciais de múltiplos pavimentos, torna-se essencial a adoção de tecnologias que garantam maior confiabilidade e repetitividade na execução. Nesse contexto, o estudo dos benefícios proporcionados pelo CAA torna-se relevante, pois pode oferecer soluções para minimizar retrabalhos e desperdícios relacionados ao controle de qualidade, além de atender a critérios normativos e exigências de desempenho estabelecidos para sistemas de paredes estruturais (Mehta, Monteiro, 2014).

Portanto, este trabalho justifica-se pela necessidade de analisar como o concreto autoadensável contribui para a melhoria do controle de qualidade no processo produtivo das paredes de concreto, visando compreender a influência de suas propriedades tecnológicas, do método de lançamento e da ausência de vibração na obtenção de resultados mais eficientes e duráveis. A partir dessa análise, pretende-se identificar os benefícios do CAA e verificar sua conformidade com os requisitos técnicos aplicáveis, proporcionando subsídios para tomada de decisão em canteiros de obras e para o avanço de práticas construtivas mais qualificadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CIMENTO PORTLAND E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Conforme estabelecido pela ABNT NBR 16697: 2018 - Cimento Portland - Requisitos, o cimento Portland caracteriza-se como um ligante hidráulico produzido através do processo de moagem do clínquer *Portland*, ao qual se incorpora, durante o processo de fabricação, a quantidade adequada de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais. A norma define ainda o clínquer Portland como um produto resultante da queima de materiais calcários e argilosos, cuja composição predominante consiste em silicatos de cálcio dotados de propriedades hidráulicas. Segundo Helene e Andrade, (2010), as características físicas do cimento *Portland* podem ser examinadas sob três perspectivas fundamentais: as características do cimento em sua forma pura (estado pulverulento), as características da combinação entre cimento e água (pasta) e as características da combinação da pasta cimentícia com agregados padronizados (argamassa).

A denominação Cimento *Portland* originou-se da similaridade visual em coloração e qualidade apresentada pelo cimento endurecido com a pedra de *Portland*, um tipo de calcário proveniente de Dorset. Atualmente, essa designação é empregada mundialmente para identificar o cimento fabricado mediante a queima de uma combinação de materiais calcários e argilosos, ou outros que contenham sílica, alumina e óxidos de ferro, seguida pelo processo de moagem do clínquer obtido (Neville, 2016).

2.2 CONCRETO AUTOADENSÁVEL

O concreto autoadensável (CAA) teve sua origem no Japão, em 1986, mediante estudos conduzidos pelo professor Okamura da Universidade de Tóquio. Sua investigação concentrou-se no desenvolvimento de uma nova categoria de material cimentício, de modo que esta pudesse prescindir de parte dos trabalhadores usualmente envolvidos nas etapas de concretagem, especialmente na fase de adensamento, uma vez que a mão de obra qualificada se tornava escassa naquele período (Okamura e Ouchi, 2003).

O primeiro protótipo satisfatório desta nova categoria foi alcançado em 1988, na mesma investigação. Este apresentou características favoráveis em relação ao calor de hidratação, retração, densidade no estado endurecido, dentre outras propriedades (Leite, 2007).

Conforme Okamura e Ouchi (2003), a primeira utilização comercial do concreto autoadensável ocorreu em junho de 1990 no Japão, na execução de determinadas partes de um edifício.

Além das aplicações in situ do CAA, deve-se destacar o amplo emprego deste em elementos pré-moldados. Para esta situação, o CAA apresenta grandes vantagens em comparação ao concreto convencional, por diminuir o tempo de fabricação dos elementos, aspecto muito relevante neste setor. Adicionalmente, a dispensa da vibração pode, em muitos casos, prolongar a vida útil das formas, ampliando o ganho econômico sobre sua utilização (Tutikian, 2007).

Embora o uso do concreto autoadensável seja limitado, para alguns autores como Melo (2005) e Manuel (2005), existe uma tendência de que este venha a experimentar um crescimento nos próximos anos, impulsionado pelo aumento nas pesquisas nessa área, assim como pela expansão do setor de elementos pré-fabricados, uma vez que esta é atualmente uma das principais aplicações do CAA.

Conforme Tutikian (2004), o termo concreto autoadensável designa uma nova categoria cimentícia, capaz de fluir e preencher as formas apenas sob a ação de seu peso próprio, sem que ocorra perda de sua homogeneidade e sem que deixe vazios no percurso.

Ademais, Leite (2007) esclarece que o CAA pode ser compreendido como uma suspensão de partículas sólidas em um líquido viscoso, identificando as partículas sólidas como sendo os agregados, e o líquido viscoso como a própria pasta de cimento. Para Manuel (2005), somente ocorrerá a adequada suspensão dos agregados na mistura, se a pasta apresentar viscosidade apropriada, de modo a garantir resistência suficiente para manter a homogeneidade do agregado no meio fluido.

Contudo, para que um concreto seja considerado autoadensável, três propriedades devem ser satisfeitas, sendo estas a fluidez, a habilidade passante e a resistência à segregação. A fluidez possibilita que o concreto possa fluir dentro das formas, sem o auxílio de ação externa, preenchendo os vazios existentes. A habilidade passante é a capacidade de o concreto atravessar armaduras e obstáculos, sem que a mistura se perca pelo caminho e sem que ocorra obstrução do fluxo. Já a resistência à segregação refere-se à capacidade do concreto permanecer coeso durante o preenchimento das formas (Tutikian, 2007).

Um cuidado especial deve ser dedicado em relação aos fenômenos de segregação e exsudação, uma vez que estes são indesejados e ao mesmo tempo muito propícios pela elevada fluidez do CAA.

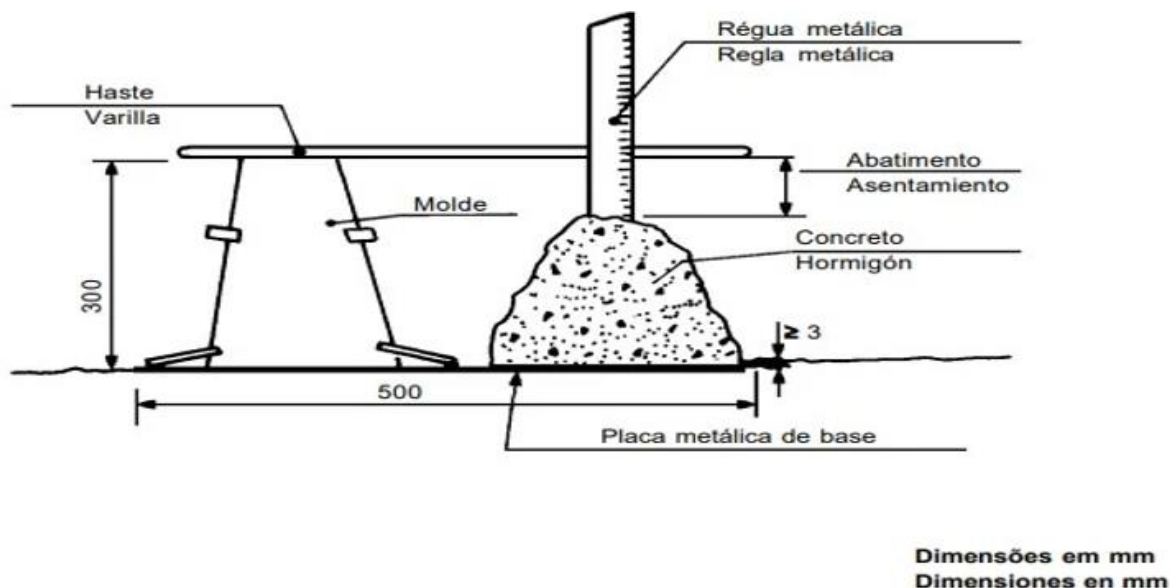
2.3 TRANSPORTE DO CONCRETO

Conforme determinado pela ABNT NBR 7212:2021, o concreto necessita ser transportado respeitando o intervalo de tempo contabilizado desde o início da mistura até a entrega, sendo essencial que a conclusão do adensamento ocorra antes do início de pega do concreto aplicado e das camadas, visando prevenir o surgimento de "juntas frias". No transporte realizado por caminhões betoneiras, o período deve ser inferior a 120 minutos. Quando o transporte ocorre sem agitação, o limite temporal é de 40 minutos. O deslocamento pode ser executado por diversos equipamentos conforme sua localização; para concretos fabricados em centrais misturadoras, o transporte deve ser efetuado mediante caminhão basculante. Para aqueles produzidos em centrais dosadoras, utilizam-se caminhões betoneiras, equipados com chapas helicoidais que viabilizam a mistura e descarga do concreto conforme a alteração de seu sentido de giro. O transporte no interior das obras pode ser realizado mediante pás, baldes, carriolas ou calhas (Bauer, 2019).

2.4 ABATIMENTO (*SLUMP TEST*)

A consistência do concreto é uma característica que define a capacidade de deformação sob o peso da própria massa, influenciando na manipulação do concreto (Helene; Andrade, 2010). Essa consistência é determinada por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme especificado pela norma ABNT NBR NM 67:1998. Esse método é demonstrado na Figura 1, onde o assentamento do concreto fresco é medido, sendo aplicado em concretos plásticos e coesivos com assentamento igual ou superior a 10mm. Ainda de acordo com a norma, os ensaios não são aplicáveis a agregados com dimensões nominais superiores a 37,5 mm, sendo que neste caso, torna-se necessária a realização da peneiração do concreto, especificada pela ABNT NBR 16886:2020.

Figura 1 - Determinação do abatimento



Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998, p. 8)

Neste ensaio são dispostas 3 (três) camadas de concreto de mesma altura no tronco de cone com $D=200\text{ mm}$; $d=100\text{ mm}$ e $h=300\text{ mm}$. Em cada uma dessas camadas são aplicados 25 golpes com uma haste padrão com diâmetro de 16 mm, de forma homogênea em toda a superfície da camada sem que atinja a camada inferior. Após o preenchimento do cone deve-se regularizar a superfície do molde e retirá-lo com movimento constante para cima durante 5 a 10 segundos. Ao final, o abatimento do concreto é determinado medindo a diferença entre a altura do molde e do eixo do corpo de prova.

Conforme Helene e Andrade (2010), a trabalhabilidade do concreto é influenciada tanto por fatores intrínsecos, como a sua relação água/cimento; traço; teor de argamassa; tamanho, textura e forma dos agregados, quanto por fatores externos, como condições de transporte, lançamento, características da fôrma, esbelteza dos elementos, densidade e distribuição das armaduras, dentre outros fatores.

O ensaio de *slump flow* (Figura 2) tem como finalidade a aferição do espalhamento do concreto já finalizado, de modo a verificar o preenchimento deste, além de evidenciar através da circunferência final a ocorrência de segregação e/ou exsudação. Este é executado com o mesmo cone utilizado no ensaio de *slump test* do concreto convencional, porém, sem que ocorra a etapa de adensamento do concreto, uma vez que deve ser respeitado o critério de autoadensibilidade do mesmo. A circunferência final medida ideal deve estar compreendida

entre 600 e 800mm, com espalhamento homogêneo, sem que ocorra exsudação e segregação (ABNT NBR 15823/2010).

Figura 2: Ensaio de espalhamento *slump flow*.



Fonte: Valebeton, 2017.

2.5 PAREDE DE CONCRETO ARMADO

O sistema construtivo é constituído por paredes e lajes monolíticas estruturais maciças de concreto comum, armadas com telas metálicas eletrossoldadas distribuídas nas paredes com reforços localizados em barras ou telas de aço determinadas pelo projeto estrutural, que deve ser elaborado para cada empreendimento específico. O cobrimento nominal das armaduras é determinado considerando-se a agressividade ambiental, classe de concreto e a relação a/c, conforme ABNT NBR 6118 (Santos, M., 2022).

Conforme a NBR 16055:2012 (Norma Brasileira Regulamentadora - Paredes de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos), as paredes de concreto moldadas no local podem ser caracterizadas como elementos estruturais autoportantes, moldados no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capazes de suportar carga no mesmo plano da parede.

O sistema construtivo de parede de concreto é um método que emprega fôrmas que são montadas no local da obra e posteriormente preenchidas com concreto, já com as instalações

hidráulicas e elétricas embutidas. A principal característica do sistema é que a vedação e estrutura constituem um único elemento (Misurelli; Massuda, 2009).

Esse método não se limita a determinado tipo de construção, sendo de certa forma flexível às necessidades da obra, podendo ser usado em construção de casas térreas, casas assobradadas, edifícios de até 5 pavimentos, edifícios de até 8 pavimentos (limite para ter apenas esforços de compressão), edifícios de até 30 pavimentos e, em casos especiais e específicos, edifícios com mais de 30 pavimentos (Santos, M., 2022).

De forma mais geral, a busca por sistemas construtivos econômicos e produtivos para que as empresas consigam atender às necessidades do mercado sem comprometer a qualidade e bom desempenho do produto final tem sido a principal incentivadora na incorporação cada vez mais abundante do sistema de paredes de concreto, onde o uso de formas moduladas e concretagens completas agregam vantagens no que diz respeito a prazos, custos, velocidade de execução, otimização do acabamento e qualificação de mão-de-obra, além de refletir diretamente nos custos globais da empresa, no desempenho da obra como um todo e na geração de entulho, tratando-se de um sistema efetivamente industrializado (Nunes, 2011).

2.5.1 PATOLOGIA EM PAREDES DE CONCRETO

As patologias do concreto frequentemente são originadas na etapa de execução da estrutura. Diversos são os fatores que contribuem para o aparecimento de manifestações patológicas no concreto em razão das falhas de execução. Mão de obra não qualificada, falta de controle de qualidade dos materiais, processos e atenção aos detalhes construtivos podem resultar em manifestações patológicas que podem ser observadas imediatamente ou ao longo do tempo da vida útil da habitação. Exemplos podem incluir escoramento, fôrmas, travamento, posicionamento das armaduras e sistemas embutidos (Takata, 2009, p. 83-84). O surgimento destes defeitos pode ser evitado com a correta execução dos processos executivos de construção previstos nas normas e regulamentações brasileiras.

As juntas frias de concretagem são originadas quando há a interrupção do lançamento do concreto e ele entra em processo de pega antes da continuação do lançamento. Quando esta situação não está prevista em projeto, pode causar grandes problemas para a estrutura de concreto. Deve ser assegurada a aderência entre o novo concreto e o existente (Medeiros, 2010). As bicheiras podem afetar a durabilidade e resistência do concreto. Estes vazios devem ser completamente preenchidos com groute ou concreto, dependendo do tamanho dele. Apenas o cobrimento com argamassa não garante a reparação do vazio e pode mascarar problemas

futuros, como a corrosão da armadura (Figuerola, 2006, p. 2). Ainda segundo Figuerola (2006, p. 3), o uso de concreto autoadensável auxilia na eliminação de bicheiras nas estruturas, bem como o correto lançamento do concreto.

Conforme Takata (2009, p. 92), há cinco causas de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado diretamente ligadas à execução. São elas: deficiência nas fôrmas e escoramentos, deficiência na execução de elementos estruturais, juntas nas fôrmas, deficiências nas armaduras e erros na concretagem.

Segundo Cánovas (1988), citado por Takata (2009, p. 92), alguns destes efeitos podem ser: vazios ou nichos (bicheiras) devido à segregação ou fuga de nata por meio das juntas da fôrma, destacamentos do concreto por aderência à forma, deficiência no alinhamento por movimento das fôrmas (mau escoramento), deformação da fôrma pela carga do concreto fresco, abertura da fôrma durante a concretagem.

A má limpeza das fôrmas e a não utilização de desmoldante podem ser também causas de manifestações patológicas, bem como o travamento incorreto que pode causar desalinhamento e falta de prumo das paredes de concreto. Segundo Leite, A., (2018), sobre a desforma das paredes de concreto, "A retirada das fôrmas e do escoramento deve ser feita sem choques, evitando assim o aparecimento de fissuras por ações mecânicas."

2.5.2 FALHAS NA CONCRETAGEM

Conforme Takata (2009, p. 104), "A maior parte dos erros e descuidos no concreto corresponde às fases de aplicação e de cura do mesmo". Ou seja, o lançamento e posterior cura do concreto devem ter cuidados especiais a fim de evitar manifestações patológicas.

No lançamento do concreto, deve-se ter cuidado especial quando a altura do lançamento for maior que 2 metros (ABNT NBR 16055, 2012). Isto pode ocasionar segregação do concreto e criação de bicheiras.

Após o lançamento do concreto, deve ser realizada a cura dele. Segundo Takata (2009, p. 108), "a cura tem como objetivo manter a água de mistura do concreto no seu interior, até a completa hidratação do cimento". Ou seja, para um bom concreto, é necessária uma boa cura.

A NBR 16055 (2012, p. 35) aponta que a correta cura das paredes de concreto serve para evitar a perda de água na superfície das peças, que pode gerar regiões com alta porosidade, suscetíveis a posteriores infiltrações e entrada de agentes agressivos, afirmação reforçada por Neville (2013, p. 83).

2.5.3. EFICÁCIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO

O sistema de paredes de concreto passa a ser bastante atrativo quando há um número significativo de repetições, já que o custo inicial das fôrmas é elevado. Nessas condições, pode inclusive se tornar financeiramente mais vantajoso do que o sistema de alvenaria estrutural. (Alves e Peixoto, 2011). Este método possui como característica principal a capacidade de permitir paredes e lajes de até um pavimento completo, dependendo do projeto. Como a concretagem é realizada praticamente em uma única etapa, o sistema consegue distribuir os esforços de maneira uniforme por toda a estrutura. Outro aspecto relevante é a inexistência de juntas aparentes, já que estas ficam incorporadas internamente. Além disso, elementos como caixilhos de portas e janelas, eletrodutos, tubulações hidrossanitárias, entre outros, também são integrados ao sistema durante a execução. (Góes, 2013).

No entanto, baseado nas afirmações de Misurelli e Massuda (2009), este sistema demonstrou-se bastante eficaz no combate ao déficit habitacional, além de oferecer diversas vantagens como obras econômicas, maior efetividade na produção em larga escala, qualidade de seus produtos, os quais podem ser aplicados em diversos tipos de edificações. Outro ponto de destaque fica por conta da mão-de-obra, que dispensa uma especialização. A produtividade é obtida através de aperfeiçoamentos diários, onde são realizados treinamentos direcionados a este sistema, e nos treinamentos os funcionários passam a ser os montadores, que irão executar todos os serviços necessários: armação; instalações; montagem; concretagem e desforma. Considerando a obra como um todo, o sistema de parede de concreto não há necessidade de alvenaria, dessa forma as etapas são simplificadas reduzindo consideravelmente o custo, onde sua estrutura se torna 47,2% mais barata que todas as fases do sistema convencional, tendo uma economia no final da obra de 23,12% à 12,94% (Zuniga, 2017).

A produtividade que pode ser alcançada é um dos fatores mais relevantes na escolha pela utilização do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local. Devido à elevada repetição das etapas, a padronização do produto permite a mecanização tanto das atividades quanto dos processos de verificação, além de diminuir significativamente os erros durante a execução com o passar do tempo. Para garantir a qualidade do resultado e evitar atrasos ou decisões improvisadas durante a obra que podem comprometer a execução, é essencial uma gestão eficiente dos prazos e um profundo conhecimento da técnica utilizada.

De acordo com a NBR 15575, independentemente do sistema construtivo adotado, é obrigatório atender aos requisitos mínimos de desempenho nos seguintes aspectos: segurança (incluindo segurança estrutural, proteção contra incêndio e pânico, segurança no uso e na

operação), habitabilidade (como estanqueidade, desempenho térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidades e acessibilidade, além do conforto tátil e antropodinâmico) e sustentabilidade (abrangendo durabilidade, facilidade de manutenção e impacto ambiental). (ABNT 15575, 2013).

O sistema tem ampliado progressivamente sua participação nos conjuntos habitacionais vinculados ao programa do governo federal, tornando suas vantagens e desvantagens cada vez mais perceptíveis para o setor da construção civil. Atualmente, o método já é empregado em 52% das novas obras financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida, enquanto em 2014 essa participação era de 36%. (Santos, 2016). Isto demonstra a crescente aderência do mercado ao método construtivo, somando-se aos benefícios gerados para as famílias de baixa renda na aquisição do imóvel próprio os avanços econômicos alavancados pelo programa no setor da construção civil. Lembrando que o programa foi lançado no ano de 2009, após a crise de 2008, ano em que uma grande crise econômica mundial afetou o Brasil, deixando muitas empresas da construção civil ociosas que, devido ao crescimento imobiliário dos anos anteriores, haviam aumentado suas capacidades de construção (Loureiro, Macário e Guerra, 2013).

2.5.4. PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO

Os processos construtivos mediante paredes de concreto moldadas in loco apresentam caráter de racionalização, o que potencializa a produtividade da obra, porém existem algumas variáveis que devemos considerar ao mensurar o tamanho desse ganho, dentre as quais se destacam a tipologia da obra, o projeto de fôrmas, o projeto das armaduras, as instalações, os processos e treinamentos aplicados. O dimensionamento das equipes de trabalho, seja de montadores, armadores ou instaladores, tende a variar conforme o grau de complexidade do projeto, sendo essencial que haja pelo menos um líder que terá a função de orientar as tarefas, delegando as funções e motivando a equipe (Arêas, 2013).

A fôrma tem como objetivo moldar o concreto fresco e é composta por estruturas provisórias. É compreendida por painéis de fôrmas, escoramento, caibramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos. O sistema de fôrmas deve ser projetado e construído de modo a ter: resistência às ações a que possa ser submetida durante o processo de construção; rigidez suficiente para assegurar que suporte as tolerâncias especificadas para as estruturas das paredes de concreto, sendo que não afete a integridade dos elementos estruturais, a estanqueidade e a conformidade com a geometria das

peças que estão sendo moldadas dentro das fôrmas, conforme o item 18.2.1 da NBR 16055 (ABNT 16055, 2012).

O sistema teve uma forte retomada por meio do programa "Minha Casa, Minha Vida", onde as construtoras buscam um tempo curto de construção e um custo financeiro reduzido, sendo exatamente aquilo que este tipo de parede pode oferecer. Segundo Oliveira (2022), A adoção desses sistemas possibilita o retorno antecipado do investimento, uma vez que o cronograma de execução se torna mais ágil. Além de aprimorar a gestão e elevar a produtividade e a competitividade, os sistemas industrializados contribuem para a redução de desperdícios e do volume de resíduos gerados nas obras, trazendo benefícios ambientais. De acordo com Warzawski (apud Sabbatini, 1989), os principais benefícios para a construção civil incluem a redução da mão de obra necessária para a produção de cada unidade, o aumento da produtividade, a garantia de um nível de qualidade previamente estabelecido e a diminuição dos custos de produção.

Para Duarte, Elmir e Pitol (2017, p.32), "esse sistema se mostra muito mais sustentável que o convencional, por economizar tanto em material, como também água e energia". Segundo Almeida (2015), a eliminação de improvisações no canteiro, característica da construção industrializada, resulta em uma série de qualidades finais que contribuem para evitar o desperdício de materiais, minimizar possíveis erros de execução e reduzir a necessidade de revisões de projeto, promovendo assim uma significativa otimização de custos. Ela também ressalta a produção em série como um benefício importante, pois proporciona a agilidade necessária à fabricação, aliada à qualidade do produto final. Além disso, o cumprimento rigoroso do cronograma ajuda a evitar imprevistos e atrasos, facilitando ainda a avaliação da produtividade individual de cada trabalhador.

Moraes e Lima (2009) citam algumas das vantagens da aplicação da construção industrializada, sendo elas: respeito à qualificação necessária da mão-de-obra a ser utilizada, redução do impacto ambiental durante a execução das edificações, a utilização de estruturas pré-fabricadas que racionaliza o processo construtivo, o que evita o estoque de peças e a ociosidade. Os autores explicam que isso surge como alternativa para contornar a falta de mão-de-obra no setor da construção civil, que tem ocorrido desde o recente crescimento do mercado imobiliário.

Todo sistema construtivo possui vantagens únicas que se tornam elementos fundamentais na hora da escolha do elemento construtivo ideal. Com as paredes de concreto

não poderia ser diferente. Elas possuem muitas vantagens que vêm agradando aos construtores na hora de executar uma obra. Entre elas, algumas vantagens se destacam como:

- Possui menos desperdícios, garantindo um consumo com maior qualidade já que o sistema é muito mais tradicional e limpo e não possui desperdícios;
- A viabilidade do processo de parede de concreto está basicamente relacionada ao tempo da construção. Existem construtoras no Brasil que executam cerca de 100 m² de estrutura predial para cada jogo de fôrma presente na obra em apenas um dia. Logo, a partir da fundação/laje piso pronta, executam-se as paredes e laje.
- A versatilidade também é um ponto muito importante, já que as paredes de concreto atendem elementos de diferentes tamanhos, como casas e obras de arte;
- Possuem isolamento tanto térmico quanto acústico, já que o concreto é melhor isolante do que os tijolos cerâmicos;
- Possui resistência a vandalismo;
- Eliminação de algumas etapas na obra, como é o caso do assentamento dos tijolos nas paredes de alvenaria convencional;
- É o projeto que se adequa mais ao orçamento, sem haver imprevistos;
- Equipe de trabalho reduzida, já que não são necessários tantos ajudantes para o pedreiro.

Como é perceptível, as paredes de concreto possuem grandes e significativas vantagens no momento da construção que fazem toda a diferença, principalmente de custos, ao construtor. Apesar da construção industrializada ter mais vantagens do que desvantagens, alguns autores apontam as poucas desvantagens que o sistema possui. Almeida (2015) destaca algumas desvantagens da industrialização da construção, como: investimento inicial elevado, dificuldade de adequação às necessidades do cliente, necessidade de grande volume de obras para que haja viabilidade, necessidade de mão de obra especializada, transporte e logística que encarecem o produto.

Conforme Duarte, Elmir e Pitol (2017), o sistema de construção industrializada possui algumas desvantagens no momento do processo de construção das fôrmas como: o custo de fabricação, em razão do elevado controle de qualidade que encarece o preço final da peça; a reduzida quantidade de companhias especializadas em pré-fabricação; e a localização dessas empresas, a maioria situada em grandes cidades, o que torna difícil o transporte devido à distância entre as cidades brasileiras.

3. METODOLOGIA

Quanto aos objetivos, esta pesquisa é descritiva e explicativa, já que irá descrever e explicar os benéficos do concreto autoadensável em paredes moldadas in loco e controle de qualidade. A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Este tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (Triviños, 1987). Quanto à pesquisa explicativa, preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Com relação aos procedimentos do problema, esta pesquisa classifica-se como bibliográfica e estudo de caso. Para Fonseca (2002, p. 32), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas de websites.

Com relação à abordagem do problema, será utilizada a pesquisa qualitativa, já que serão empregadas pesquisas com fontes bibliográficas e estudo de caso. A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização etc. (GOLDENBERG, 1999).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho se baseou em um estudo de caso sobre um empreendimento de uma empresa que não quis ser identificada e será chamada de “Empresa A”, no qual foram utilizados alguns dados para o acompanhamento da rastreabilidade do concreto, a fim de verificar se ocorreu alguma patologia posteriormente.

4.1. CONDICIONANTES

Assim como qualquer outra etapa de uma obra, para dar início ao processo de concretagem das paredes — estrutura da torre — é necessário que uma série de pré-requisitos esteja concluído e devidamente conferida.

Itens prioritários da “Empresa A”:

- Funcionários treinados e a par do projeto a ser executado. Com liberação ao trabalho em altura NR35 (Permissão para trabalho em altura);
- A locação da parede deve estar concluída, executada conforme projeto estrutural;
- Cintamento impermeabilizado. Arranques posicionados;
- Elétrica e hidráulica instaladas;
- As armações das paredes, finalizadas;
- Montagem e travamento da fôrma. Com conferência do prumo de todos os cômodo e nivelamento da laje;
- Laboratorista no canteiro de obras;
- Programação alinhada com a usina.

A empresa possui o PES (Procedimento de execução de serviço), documento que padroniza todas as etapas listadas anteriormente, para garantir a qualidade e segurança. Sua elaboração fundamenta-se em técnicas, métodos, materiais, equipamentos, condições iniciais indispensáveis para execução dos serviços. O documento contém todo o passo a passo de como prosseguir com a execução de cada atividade, contribuindo, assim, para redução de erros recorrentes nas obras

4.2. ESCOLHA DA OBRA DE TRABALHO

Essa empresa A é uma das maiores construtoras e incorporadoras da América Latina e investe permanentemente, no aprimoramento e na gestão da qualidade de seus produtos. Ao longo de sua existência, a empresa sempre esteve sintonizada com o mercado e suas melhores práticas, além de priorizar sempre as necessidades de seus clientes. Assim, a “Empresa A”,

conquistou duas importantes certificações em 2014: a ISO 14.001, que estabelece padrões rigorosos na gestão de meio ambiente e a OHSAS 18.001, que estabelece padrões rígidos na gestão de segurança e saúde das empresas. Nessa construtora, existe um empreendimento que será denominado como “Empreendimento X” (EMP X) neste trabalho de graduação.

Características das unidades:

Opções de plantas:

36m²- 02 dormitórios, sem varanda, 01 vaga garagem.

41m²- 02 dormitórios, varanda, 01 vaga garagem.

Área de lazer:

Hall social, piscinas adulto e infantil, playground, salão de festas, espaço gourmet, pet place, espaço kids, bicicletário e garrafão de basquete.

Além disso, sua vasta atuação em todo o país permite estudar estratégias que se adequam às necessidades habitacionais de diferentes áreas do Brasil. A importância acadêmica se apoia em poder pesquisar um tipo de negócio grande que busca juntar viabilidade econômica, responsabilidade social e cuidado ambiental se alinhando aos princípios atuais da construção civil. Além de adotar um modelo que é a parede de concreto, hoje incluída em todos os seus projetos.

4.3. ESTUDO DE CASO

Foi feito o acompanhamento de quatro concretagens em dias distintos, a fim de obter resultados com condições climáticas diferentes. Em cada dia foi feito o acompanhamento de pelo menos dois caminhões betoneiras.

4.4. DEFINIR CRITÉRIOS PARA COLETA E ANOTAÇÃO DE INFORMAÇÃO

Para realização da pesquisa utilizaremos como instrumento de coleta de dados, uma ficha com os seguintes dados:

- Nome da empresa de concretagem;
- Traço do concreto utilizado;
- Equipamentos de lançamento e vibração;
- Condições ambientais no momento da concretagem;
- Data, horário e local da concretagem.

Além disso será realizado um ensaio fotográfico do processo de concretagem e anotado os fatores que podem influenciar na ocorrência de patologias.

Figura 3 – Formulário coletas dos dados concretagem

FICHA DE CONCRETAGEM

Nome do empreendimento: _____

Nome da construtora: _____

Nome da empresa de concretagem: _____

Traço do concreto utilizado: _____

Equipamentos de lançamento e vibração: _____

Condições ambientais no momento da concretagem:

■ Ensolarado ■ Nublado ■ Chuvoso ■ Ventando ■ Outro: _____

Temperatura: _____ °C Umidade: _____ %

Peça concretada: _____

Data da concretagem: ____ / ____ / ____

Horário de início: ____h ____ Horário de término: ____h ____

Local da concretagem: _____

Observações adicionais: _____

Fonte: Autores (2025)

5. RESULTADOS DA PESQUISA

No estudo de caso, foram levantados dados como o *slump flow* do concreto autoadensável, o traço de dosagem, os equipamentos utilizados, além das condições ambientais, incluindo temperatura e umidade. Também foram observadas as peças concretadas, com os respectivos horários de início e término da concretagem. Observou-se o método de travamento das formas, empregando faquetas, cunhas e pinos, bem como a verificação das juntas, prumo e esquadros das paredes. Além disso, acompanhou-se o início da marcação das fôrmas, a conferência do uso dos espaçadores tipo cadeirinha e centopeia, e o espaçamento mínimo entre armaduras. Quanto ao transporte e à altura de lançamento do concreto, adotaram-se boas práticas, como a instalação de uma tela no caminhão bomba para filtrar pedras maiores que permaneciam na betoneira.

5.1. LOCAÇÃO DAS PAREDES

Processo importante para que não exista falha de posicionamento da torre. Após a conclusão do processo de cintamento e fiada zero, a marcação de linhas é realizada com pigmento em pó. O funcionário que executa tal atividade identifica a face interna e externa de cada uma das paredes, fixando também os distanciadores e ganchos, garantindo o alinhamento das paredes.

5.1.1. POSICIONAMENTO TELA DE AÇO, ARMAÇÃO POSITIVA E NEGATIVA

Após armadores concluírem a montagem das telas, as mesmas devem ser posicionadas de forma centralizada com o uso de espaçadores, em paredes e laje. Para as armações positivas e negativas também é aplicável o uso de espaçador, tipo “cadeirinha” e “tipo torre”, respectivamente.

Reforços variam de acordo com o projeto estrutural de cada empreendimento a ser implantado. No entanto, os mais comuns são: reforço de canto, reforço parede/laje e reforço vão de esquadrias.

5.1.2. MONTAGEM DA FÔRMA

Para o sistema de montagem de fôrma, é importante iniciar pela aplicação de desmoldante em cada uma das placas, a fim de garantir maior vida útil do material.

Com o projeto de modulação em mãos, é possível visualizar dimensões de cada ambiente, posição individual de cada placa e acessórios de instalação e travamento. Sendo

assim, a montagem é iniciada pelos cantos das paredes, fixando imediatamente placas em ambos os lados para evitar queda. Para tal junção é necessário fazer uso de faquetas, que são colocadas com pinos e cunhas.

A fim de evitar que o concreto vaze por baixo das fôrmas, existem quatro opções para preenchimento de onde forem identificadas frestas, como: 1) massa pobre; 2) EVA; 3) gesso; 4) areia.

Todos os cômodos devem ser finalizados e conferidos, para só então ser liberada a montagem da laje, a qual deve ser nivelada com auxílio do nível a laser. As lajes serão “apoiadas” em escoras, as quais também precisam ser conferidas com nível a laser, além de que, devem ter seus suportes inspecionados pelo Engenheiro antes de cada concretagem.

Por fim, tais etapas são repetidas e o ciclo se repete até que se finalize todas as concretagens de parede. É válido destacar que, pensando na concretagem do segundo pavimento em diante, antes mesmo de iniciar a montagem das fôrmas, é necessário instalação de plataformas de trabalho, também conhecidos como “bandejão”, estes garantem a circulação e segurança dos funcionários.

5.1.3. CONCRETAGEM

A concretagem das paredes e laje somente será liberada após todos os processos anteriores estarem concluídos.

O primeiro ponto a se pensar quando a montagem das placas está em finalização, é em acionar a usina que atenda ao concreto previsto em projeto, indicando quantidade de betoneiras e tipo de bomba (a mais utilizada na “Empresa A” é a bomba lança). Funcionários treinados também devem ser selecionados para acompanhamento de todo processo de concretagem, junto ao Engenheiro e Mestre de Obras.

Ao se iniciar o lançamento do concreto, este deve ser direcionado inicialmente no encontro entre paredes e posteriormente no centro do bloco entre os apartamentos. Permitindo que o concreto preencha toda parte inferior das fôrmas, até que se complete o preenchimento de todos os vãos e laje.

Ponto importante: o tempo mínimo para lançamento do concreto de um caminhão de 8m³ é de 15 minutos. Tal prática evita que ocorra a segregação dos agregados. A retirada das formas e demais peças do sistema de escoramento deve ter autorização do laboratório, apesar de ser utilizado concreto de alta resistência inicial.

5.2. CONFERÊNCIA (FVS)

A “Empresa A” utiliza FVS (Ficha de verificação do serviço) para conferência de cada serviço executado no canteiro de obras. A FVS é um documento que funciona como um checklist detalhado para garantir a qualidade e a conformidade técnica de cada etapa de um projeto de construção. Além disso, mantém todos os registros salvos e organizados, podendo ser utilizado para histórico de futuras manutenções que pode ocorrer no pós-obra, por exemplo. Este documento também tem como finalidade padronizar as conformidades dos serviços como acabamentos, ângulos, tolerâncias, e serve de apoio nas medições dos serviços.

Nas figuras 4 e 5 apresentadas a seguir consta o detalhamento da FVS de “Parede de Concreto”, a qual possui os serviços listados por etapas, ou seja, o item 01 deve estar concluído e conforme para que a equipe seja liberada para seguir com a execução do item 02, e assim por diante.

Ao final de todos os serviços e conferências, o engenheiro responsável assina e insere data de fechamento da ficha de verificação.

Figura 4 – FVS de Parede de Concreto

FVS DE - PAREDE DE CONCRETO - ESTRUTURA																			
TÍTULOS		LOCAL DE INSPEÇÃO:																	
LEGENDAS		LOCAL DE INSPEÇÃO: ☐ REPROVADO ☐ APROVADO ☐ APROVADO APÓS REINSPEÇÃO																	
		☐ A VERIFICAR ☐ NÃO SE APLICA																	
CONDIÇÕES PARA INÍCIO		NOTAS																	
- EPI's e EPC's corretos		- Flada zero impermeabilizada																	
- Locação da obra concluída e conferida de acordo com o projeto estrutural		- Arranjos da flada posicionados e conferidos																	
- Fundações niveladas com uma folga nas medidas de todo o perímetro da laje de 5 cm		- Instalações posicionadas e conferidas na FVS de instalações, sejam elas fixadas em tela ou na fôrma																	
		- As platibandas continuam armadas conforme projeto estrutural, contendo ainda reforço para fixação de balancins																	
ITEM		MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA	KIT CONFERÊNCIA	APTO. FINAL 1	APTO. FINAL 2	APTO. FINAL 3	APTO. FINAL 4	APTO. FINAL 5	APTO. FINAL 6	APTO. FINAL 7	APTO. FINAL 8	APTO. FINAL 9	APTO. FINAL 10	APTO. FINAL 11	APTO. FINAL 12	HALL	PLATIBANDA	OUTROS: (_____)
SISTEMA DE SEGURANÇA	VI	SISTEMA DE SEGURANÇA	Conferir a fixação e posicionamento de todo o guarda-corpo de proteção e plataformas de trabalho, assim como integridade das mesmas	Conforme Projeto	-														
MONTAGEM DE ARMADURA	VI	TRANSFERÊNCIA DE EIXOS	Para o têxto: verificar com nível a laser o ponto de referência a partir da locação marcada na flada falsa. Para os demais pavimentos: Verificar a transferência de eixo da referência nos andares inferiores.	Não há Tolerância	Nível a Laser														
	VI	MARCAÇÃO DAS PAREDES	Verificar a marcação (todas acumuladas) de todas as paredes com pó quadro com correção de destaque (no laço atentar para os Som de folga para apoiar a fôrma)	Conforme Projeto	Trena Metálica														
	VI	ESQUADRO DE CANTONEIRA / PINOS E DISTANCIADORES EM PISO	Verificar se todos os esquadros de cantoneira estão instalados no piso (fôrma plus + 7,5cm da face da parede e fôrma plus 5,5cm da face da parede) e todos os cantos conferidos e conferir se os pinos e distanciadores estão instalados e posicionados fazendo a marcação riscada no piso e com espaçamento médio de 60cm entre eixos	Conforme Projeto	Trena Metálica														
	VI	ARRANQUES	Conferir com o uso de trena a posição, altura e espaçamento dos pontos de arranque desenhados na laje para amarração de telas	Conforme Projeto	Trena Metálica														
	VI	GANCHOS / PINOS	Verificar a instalação dos ganchos e pinos (Paredes Internas e Externas)	Conforme Detalhe de Projeto	Trena Metálica														
	VI	SCOPES EM BANTA DE DILATAÇÃO	Verificar a instalação dos scopes com trena para garantir o comprimento de 10cm	Não há Tolerância	-														
	VI	INSTALAÇÃO DE ARMADURAS NA LAJE DE AÇO	Verificar posicionamento e amarração da tela de aço lajeada, observando estar corretamente alinhada a parede e garantir o uso de 3 distanciadores por metro no eixo vertical. Checar o uso também ao lado de eletrodutos de elétrica, em subfóto de Quadros deve ter espaço mínimo de 2,5cm	Conforme Projeto	Trena Metálica														
	VI	REFORÇO TIPO L	Conferir a instalação de reforço em tela de aço tipo "L", nos encontros de paredes e lajes, obedecendo transpasso mínimo da armadura	Conforme Projeto	Trena Metálica														
	VI	REFORÇO E RECORTE DOS VÃOS DE PORTAS E JANELAS	Verificar a execução do reforço duplo e com tela de aço nos vãos de portas e janelas, com distanciamento de 30cm dos cantos	Conforme Projeto	Trena Metálica														
	VI	REFORÇO EM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO (QDC) EMBUITO	Verificar a execução de reforço duplo em tela de aço em todo o QDC embuto	Conforme Projeto	-														
VI	REFORÇO DE ESCADA	Em escada com jacobí verificar reforço na tela onde será feito o ancoragem. Para execução de escada monolítica (sem jacobí) verificar armação conforme projeto estrutural	Conforme Projeto	-															
VI	ARRAMAÇÃO DE LAJE E ESPAÇADORES	Conferir posicionamento dos espaçadores na laje: Espaçador caderinha ou cerquinho: Armação positiva. Espaçador tipo torre: Armação negativa.	Conforme Projeto	Trena Metálica															

Fonte: Site da Empresa A (2025)

Figura 5 – FVS de Parede de Concreto (continuação)

FVS 045 - EXECUÇÃO DE PAREDE DE CONCRETO - ESTRUTURA																								
OBRA:		LOCAL DE INSPEÇÃO:																						
ITEM		MÉTODO DE VERIFICAÇÃO		TOLERÂNCIA		KIT CONFERÊNCIA		AMBIENTE																
								APTO FINAL 1	APTO FINAL 2	APTO FINAL 3	APTO FINAL 4	APTO FINAL 5	APTO FINAL 6	APTO FINAL 7	APTO FINAL 8	APTO FINAL 9	APTO FINAL 10	APTO FINAL 11	APTO FINAL 12	HALL	PLATIBANDA	OUTROS: ()		
MONTAGEM DA FORMA	VF	INTEGRIDADE DOS PAINÉIS E PEÇAS	Verificar integridade dos painéis e peças da forma	Conforme Projeto	Trena Métrica																			
	VF	MODULAÇÃO	Verificar projeto de modulação e se a montagem está iniciando pelas paredes internas e sequenciada por ambiente	Conforme Projeto	-																			
	VF	LIMPEZA INTERNA DA FORMA	Verificar limpeza interna das formas	Visualmente	-																			
	VF	LIMPEZA EXTERNA DA FORMA	Verificar limpeza externa das formas	Visualmente	-																			
	VF	LIMPEZA NA LATERAL DAS FORMAS	Verificar limpeza na lateral das formas	Visualmente	-																			
	VF	CALAFETAÇÃO	Em caso de lajes com rebolos, utilizar massa podre ou EVA para calafetação do pé da forma (garantir estanqueidade)	Visualmente	-																			
	VF	IDENTIFICAÇÃO DOS PAINÉIS	Conferir após a primeira concretagem a identificação através de cores dos painéis por apartamento e com números e letras por cômodo	Não há Tolerância	-																			
	VF	PAINEL DE CICLO	Verificar a fixação dos painéis de ciclo na parte superior da forma para que estas estejam apoiadas nos painéis de ciclo fixados nas paredes abais (serviço gang) ou plataforma de trabalho utilizando varilha rosçada de 15cm e chapéu ou cone ciclo	Conforme Projeto	Trena Métrica																			
	VF	INSTALAÇÃO DE ACESSÓRIOS DE TRAVAMENTO	Verificar posicionamento de todos os gravatas/feixes de travamento e junção das formas, emendas por cantoneira (somente). Todos os pinos, contas e chavetas posicionados e travados para fixação dos feixes/gravatas	Não há Tolerância	-																			
	VF	ALINHADORES (ESQUADROS) TENGONES	Verificar o posicionamento dos alinhadores internos e externos utilizando cantoneiras de aço. Os esquadros devem estar posicionados com uso de parafusos alinhadores de esquadros e os chapéus metálicos em todos os cômodos	Não há Tolerância	Trena Métrica																			
LANÇAMENTO DE CONCRETO	VF	ESCORAMENTO E RECORTEAMENTO	Conferir se todos os pontos estão posicionados conforme projeto	Conforme Projeto	Trena Métrica																			
	VF	PRUMO	Na parte interna conferir com prumo de face ou régua de 5 metros todas as paredes dos cômodos. Externamente com prumo de face todas as paredes das formas, com prumo calado (em todo o pavimento inferior). Em Torre elevador o prumo com topógrafo e cada 3 pavimentos	Não há Tolerância	Prumo de Face Régua de 5 metros Prumo Calado Estação Total																			
	VF	NIVELAMENTO LAJE	Verificar o nivelamento de toda a laje com nível a laser, no centro e nas suas quatro extremidades	Máximo 1cm	Nível a Laser																			
	VF	ESPECIFICAÇÕES DO CONCRETO (CONCRETAGEM) BASTABILIDADE	Conferir na NF recebida, Slump e Flow Test conforme projeto e conferir o lançamento do concreto pelo centro dos blocos, principalmente no encontro entre parede e laje. Verificar a realização da rastreadabilidade do concreto	Conforme Projeto	-																			
LANÇAMENTO DE CONCRETO	VF	ACABAMENTO DA LAJE	Deverá ser conferido no ato da concretagem o uso de bambolé (ajudador de concreto) ou float para garantir o acabamento uniforme e boa planicidade da laje	Visual	-																			
	VF	LAVAGEM DA FORMA DURANTE A CONCRETAGEM	Verificar durante a concretagem a lavagem das formas e do sistema de segurança utilizando 2 lavadores de alto pressão (um dentro e outro fora do lado externo), removendo excesso de nata de concreto	Não há Tolerância	-																			

Fonte: Site da Empresa A (2025)

5.3 ANÁLISE DAS FICHAS DE CONCRETAGEM

A seguinte análise será feita com base nas fichas de concretagem, Anexo A.

O primeiro caminhão acompanhado, foi no dia 25/09/2025. Ele chegou às 17:00 na obra do EMPREENDIMENTO X. Chegando no local, o caminhão ficou aproximadamente 4 minutos misturando o concreto. Após finalizado a mistura, foi retirado uma amostra para realização do Flow, que foi definido em 70 ± 5 cm, com resistência característica (f_{ck}) de 30 Mpa. Na ficha, é possível verificar alguns principais dados da concretagem, como o traço utilizado, o equipamento utilizado para lançamento, condições climáticas, os horários de saída e chegada do transporte e o local da concretagem.

No mesmo dia, acompanhou-se mais um caminhão betoneira, e nos outros três dias distintos, foi monitorado mais seis caminhões betoneiras ao todo, sendo dois por dia. Ambos os caminhões possuíam o mesmo traço de concreto. Outros fatores como, horários e condições climáticas também houve alteração entre os dias presenciado, por isso a escolha de monitorar em intervalos diferentes.

5.4 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

O registro fotográfico apresenta as etapas de execução da parede de concreto, desde a chegada do caminhão betoneira até o processo de concretagem dos elementos. O objetivo é

identificar possíveis patologias, considerando fatores como transporte, espaçamento entre as armaduras, lançamento, montagem das formas, exsudação, granulometria dos agregados e trabalhabilidade do concreto. A seguir, por meio das imagens documentadas, são mostradas todas as etapas acompanhadas durante a visita técnica ao empreendimento.

Na Figura 6, demonstra as marcações das paredes do empreendimento.

Figura 6 – Marcação das Paredes



Fonte: Autores (2025)

Em todas as concretagens acompanhada nesse trabalho, foi observada a conferência dos espaçadores de cobrimento, das malhas positivas e negativas, bem como das passagens de conduítes elétricos e tubulações hidráulicas. Por fim, foi conferido o cobrimento das armaduras, mantido em 2,5 cm conforme o projeto, e o espaçamento entre barras, de 30 cm, assim como mostra a figura 7 posteriormente.

Figura 7 – Instalação das telas



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 8, junto com as instalações das telas, os espaçadores são colocados nas estruturas.

Figura 8 - Instalação das telas e espaçadores



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 9, nesta etapa das passagens da infraestrutura elétrica.

Figura 9 – Passagem da infraestrutura elétrica.



Fonte: Autores (2025)

As fôrmas foram montadas e desmontadas por profissionais qualificados de acordo com o PES estabelecido pela empresa; antes da montagem, aplicou-se desmoldante para evitar a aderência do concreto às placas. Em seguida, procedeu-se à montagem conforme a marcação, executando os travamentos e verificações de prumo, esquadro e juntas, a fim de impedir vazamentos da nata de concreto e, conseqüentemente, evitar a segregação, de acordo com a figura 10.

Figura 10 - Fechamento com formas metálicas



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 11, identifica o processo da desforma das paredes.

Figura 11 – Desforma das paredes



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 12, podemos identificar a chegada do caminhão da empresa especializada em concreto chegando na obra.

Figura 12 - Chegada caminhão



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 13, após a conferência das documentações, começa o processo de descarga do concreto que chegou no caminhão.

Figura 13 – Descarga do concreto



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 14, após a descarga do concreto, o processo de *Slump flow* era iniciado.

Figura 14 – *Slump flow* concreto



Fonte: Autores (2025)

Analisando a figura 14, é possível identificar que o teste Flow teve o seu espalhamento de 68,5 cm.

Para concretagem das paredes de concreto, a Empresa A, costuma usar um Flow de 65 cm até 71 cm para garantir que o concreto não fique tão fluido a ponto de começar a vazar nas fôrmas. Já para concretagem de laje, eles procuram utilizar um concreto mais fluido, podendo

chegar a um *flow* de 73 cm a 75 cm, facilitando o espalhamento do concreto na área da laje. Para aumentar a *flow*, a obra costuma utilizar uma proporção de 50 litros de água para aumentar 3 cm de espalhamento.

O concreto utilizado, vem de uma usina denominada como “Empresa B”, que segue rigorosamente o traço calculado em projeto pela Empresa A, conforme apresentado na figura 15 a seguir.

Figura 15 – Carta traço do concreto

Características do Concreto			
Resistência Caract. (FCK) :	30.00 Mpa	Consistência "Slump Test" :	70+/-5 cm
Média de Dosagem :	28 Dias	Diâmetro Máximo do Agregado :	12.50 mm
Módulo de elasticidade:		Relação água/cimento:	0.703 lt/kg
Módulo de Resistência à Tração na Flexão (MRTF):		Tipo de Lançamento :	Bombeável
Descrição do Serviço:	184020.CE.30,0FCK.3,0MPA-12H.B.PAREDEFLOW.B0.GN.158062.C105CPVARI.799062.A9.A19.28D.70+-5		
Agregados Utilizados			
Insumos		Modulo de Finura	Densidade Real
AGREGADO MIÚDO	AREIA ARTIFICIAL GNAISSE GROSSA	2.410	2.695 Kg/dm³
AGREGADO MIÚDO	AREIA DE QUARTZO CAVA FINA	1.470	2.646 Kg/dm³
AGREGADO GRAUDO	BRITA GNAISSE 0	6.000	2.703 Kg/dm³
Traço Unitário em Peso			
Traço em Peso : 1:1,435:2,152:3,138:0,703			
Consumo de Materiais por Metro Cúbico de Concreto			
Insumos		Peso/m³	Coef. Volumétrico
CIMENTO	CPV ARI	283.00 kg	
AGREGADO MIÚDO	AREIA ARTIFICIAL GNAISSE GROSSA	406 kg	0.244 m³
AGREGADO MIÚDO	AREIA DE QUARTZO CAVA FINA	609 kg	0.410 m³
AGREGADO GRAUDO	BRITA GNAISSE 0	888 kg	0.643 m³
ADITIVO	SUPERPLASTIFICANTE	2.321 kg	2.149 lt
AGUA		199.00 lt	

Fonte: Empresa B (2025)

Nota-se que além dos agregados possuir um modulo de finura um pouco inferior do que o concreto convencional, é utilizado também um aditivo químico superplastificante, que tem a finalidade de melhorar a sua fluidez, favorecendo a trabalhabilidade, conseguindo então, passar pelas armaduras com mais facilidade e preencher os vazios com o seu próprio peso, sem interferir na resistência do concreto.

Na Figura 16 após a descarga do concreto, ocorre também o peneiramento do concreto.

Figura 16 – Peneiramento do concreto



Fonte: Autores (2025)

Foi utilizado uma Bomba Lança para que o concreto chegasse até o pavimento superior que tinha entre 21 metros e 33 metros de altura. O lançamento foi realizado a uma altura de no máximo 2 metros, entre o mangote e a fôrma, conforme os critérios estabelecidos.

Figura 17 – Transporte do concreto até o local espaçadores



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 18, o concreto é espalhado entre os espaçadores já instalados.

Figura 18 – Espaçadores entre formas



Fonte: Autores (2025)

A concretagem inicia-se pelas paredes, seguindo um plano de distribuição uniforme para equilibrar as fôrmas e manter o prumo. Durante o processo, dois profissionais permaneceram na parte inferior da estrutura, monitorando possíveis anomalias nos painéis e interrompendo a concretagem caso ocorresse qualquer abertura de fôrma, conforme mostrado na figura 19.

Figura 19 – Lançamento do concreto



Fonte: Autor (2025)

Na Figura 20, demonstra o processo da instalação das malhas pop na laje.

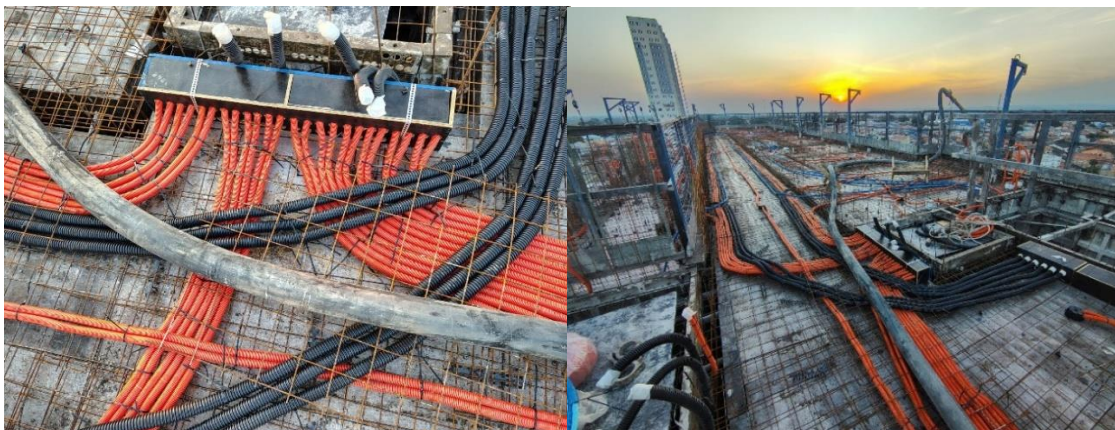
Figura 20 – Instalação das malhas pop na laje



Fonte: Autores (2025)

O prazo de desforma é de 12 horas, quando o concreto atinge cerca de 3 MPa de resistência. Após a retirada das formas, foi feita uma análise visual e fotográfica nas paredes, visando detectar possíveis anomalias. Na figura 21, destaca-se como crítico um ponto com maior concentração de eletrodutos na laje, por serem áreas suscetíveis à segregação. Foi feito um comparativo do antes e depois dessa área conforme mostrado abaixo.

Figura 21 - Instalação da infraestrutura elétrica e hidráulica



Fonte: Autores (2025)

Na Figura 22, demonstra o processo de concretagem da laje do empreendimento.

Figura 22 – Concretagem da laje



Fonte: Autores (2025)

É possível notar que mesmo com o acúmulo dos eletrodutos em um mesmo ponto, o concreto estando em seu traço correto, e suas principais etapas serem feitas adequadamente, não ocorre nenhum tipo de patologia.

Abaixo, na figura 23, é possível verificar o processo de cura do concreto, posteriormente a concretagem.

Figura 23 – Cura do concreto autoadensável laje



Fonte: Autores (2025)

6. CONCLUSÃO

O estudo contribuiu para o entendimento do tema ao identificar os benefícios do concreto autoadensável em paredes moldadas in loco e avaliar a qualidade do concreto executado por meio do *slump* teste e observação visual, verificando a separação entre os agregados graúdos, miúdos e a pasta de cimento, com base em comparações com a literatura especializada.

Desde a chegada do caminhão betoneira ao canteiro, foram acompanhados o tempo de mistura e, posteriormente, realizado o ensaio de *slump flow* para verificar a trabalhabilidade do concreto autoadensável. O transporte do material foi executado mediante bomba lança, e a altura de lançamento manteve-se dentro dos limites recomendados pela literatura técnica. Também foram observados os espaçadores das formas e o espaçamento mínimo entre as armaduras, garantindo a passagem adequada do concreto pelos vãos e evitando travamentos que poderiam gerar algum tipo de patologia.

A montagem das formas foi executada por profissionais capacitados, seguindo rigorosamente os critérios identificados na revisão de literatura, desde a marcação inicial até o fechamento completo.

Além disso, verificou-se que a empresa mantém um controle de qualidade rigoroso, acompanhado por um profissional qualificado durante todas as etapas — desde a chegada do concreto até a finalização da peça moldada. Todo o processo é registrado por meio do mapeamento do concreto lançado e preenchimento das FVS (Fichas de Verificação de Serviço), conforme orienta o PES, manual de boas práticas de produção.

O fato de não ter ocorrido patologias se justifica principalmente pela combinação de três fatores: Controle adequado da trabalhabilidade, comprovado pelo *slump flow* dentro dos limites normativos; Execução correta dos procedimentos de lançamento, respeitando altura máxima, velocidade de aplicação e continuidade do fluxo; Condições construtivas satisfatórias, como espaços adequados entre armaduras e formas bem montadas. Mesmo diante de variações pontuais de temperatura e umidade ao longo dos dias de concretagem, não foram identificadas fissuras, falhas de acabamento ou qualquer evidência de separação entre agregados e pasta.

Para ampliar o conhecimento sobre o tema, recomenda-se que pesquisas futuras incluam:

- Análise comparativa entre diferentes fornecedores de concreto, avaliando variações na composição e seus impactos na tendência à segregação;

- Estudos sobre o efeito de diferentes aditivos superplastificantes, relacionando consumo e fluidez.

Embora o estudo tenha atingido seus objetivos, reconhece-se que o número de concretagens acompanhadas foi limitado a quatro dias, o que reduziu a variedade de cenários analisados. A pesquisa dependeu também de dados fornecidos pela obra, como FVS e registros internos, que, apesar de confiáveis, poderiam ter sido complementados com ensaios laboratoriais adicionais. Por fim, o trabalho concentrou-se em um único empreendimento, sugerindo que estudos em diferentes tipologias construtivas poderiam reforçar a generalização dos resultados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, Luiza Rangel de. **Estudo de sistemas construtivos pré fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 83f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

ALVES, C. O.; PEIXOTO, E. J. S. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com formas de alumínio**. Universidade da Amazônia. Belém. 2011.

ANDRADE, Leticia. **BENEFÍCIOS DA NORMA ISO 9001 PARA UMA GESTÃO DE QUALIDADE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Federal de São João Del-Rei. Ouro Branco, 2023.

ARÊAS, Pedro Assunção. **Paredes de concreto**: Normatização do Processo Construtivo. Belo Horizonte, disponível em Biblioteca Padre Alberto Antoniazzi, PUC Minas, 2013. 75 p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16886**: Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro: ABNT. 2021.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

BRASIL. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/habitacao/programa-brasileiro-de-qualidade-e-produtividade-do-habitat-bqp/pbqp-h>> Acesso em: 16 dez. 2025.

CAMBRAIA, Matheus. **PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO EM FORMAS DE ALUMÍNIO**. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Especialista - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.

CÁNOVAS, Manuel. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.

CONCRETO, Valebeton. **Concreto autoadensável**. 2017. Disponível em: valebeton.com.br. Acesso em: 26 nov. 2025.

DEMING, W. Edwards. **Out of the crisis**. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.

DUARTE, Elieber Lucas; ELMIR, José C.Junior; PITOL, Aline Paula. **As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação**. Revista Construindo, Belo Horizonte, v. 8, p. 29 – 35, Jan - jun. 2017.

FIGUEROLA, Valentina. **Vazios de concretagem**. Revista Técnica, São Paulo: Pini, n. 109, abril 2006. Não paginado. Disponível em: <http://techn17.pini.com.br/engenharia/civil/109/artigo287074-2.aspx>. Acesso em 11 de agosto de 2025.

FONSECA, João José Saraiva. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GÓES, B. P. **Paredes de concreto moldadas “in loco”**, estudo do sistema adotado em habitações populares. 2013. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Record, 1999

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de cimento Portland, cap. 29. In: ISAIA, Geraldo Cechella (org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

IDROGO, Aurelia. **Sistema integrado de gestão de qualidade, meio ambiente e saúde e segurança no trabalho: um modelo para a pequena empresa**. Tese - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NBR ISO 9000:2015** – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NBR ISO 9001:2015** – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

LEITE, Anna. **Projetos e sistema construtivo de paredes de concreto moldados in loco em um empreendimento na cidade de Caruaru: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2018.

LEITE, Francisco C. M. - **Influência do tipo de adição mineral e da dimensão máxima do agregado graúdo no comportamento do concreto auto-adensável**. 2007. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.

LOUREIRO, Maria Rita; MACÁRIO, Vinicius; GUERRA, Pedro. **Democracia, arenas decisórias e políticas públicas: O programa minha casa minha vida**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1886. 2013. Brasília.

MANUEL, Paulo J. M. - **Estudo da influência do teor de argamassa no desempenho de concretos auto-adensáveis**. 2005. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MARIQUITO, João et al. **ESTUDO DE REFERENCIAL TEÓRICO - NORMAS DE QUALIDADE INTEGRANTES DA SÉRIE ISO 9000 APLICÁVEIS AO SISTEMA DE**

GESTÃO DA QUALIDADE. Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 2017.

MEDEIROS, Giovana. **Junta Fria.** 2010. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/junta-fria/>. Acesso em 11 de Março de 2018.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto:** microestrutura, propriedades e materiais. 2.ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MELO, Karoline A. - **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de filler calcário.** 2005. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de Concreto.** Revista Técnica, São Paulo: Pini, n. 147, p. 74-78, jun. 2009.

MORAES, P.T.A.; LIMA, M.G. **Levantamento e análise de processos construtivos industrializados sob a ótica da sustentabilidade e desempenho.** In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 15., 2009, São José dos Campos: Anais. São José dos Campos: ITA, 2009.

NBR 15823-2. **Concreto Auto-Adensável - Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams.** Rio de Janeiro, 2010.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto.** 5. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2016.

NEVILLE, Adam M; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto.** 3 ed. Bookman Editora, 2013.

NUNES, Valmiro Quefren Gameleira. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo 2011.

OLIVEIRA, Jaqueline. **AÇÕES VOLTADAS À REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco. Recife, 2022.

OKAMURA, Hajime; OUCHI, Masahiro - **Self-Compacting Concrete**. 2003. Journal of Advanced Concrete Technology V ol. 1, No. 1, 5-15 - Japan Concrete Institute. Japão, 2003.

PALADINI, Edson et al. **Gestão da Qualidade Teoria e Casos**. 2 ed. Elsevier Editora LTDA, 2012.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 321 p. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia). Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, Altair. **Paredes de Concreto já dominam Minha Casa Minha Vida**. Massa Cinzenta, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-minha-casa-minhavidade>. Acesso em 01 de Julho de 2025.

SANTOS, Mateus. **CONTROLE DA QUALIDADE NA EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DE CASO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2022.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TAKATA, Leandro Teixeira. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso**. 2009. 152 f.. Dissertação (Pós Graduação em Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TUTIKIAN, Bernardo F. - **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis**. 2004. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

TUTIKIAN, Bernardo F. - **Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis**. 2007. Tese - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

ZUNIGA, Lucas de Oliveira; SANTOS, Thais Carvalho; SILVA, Juliano Rodrigues. **VIABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DO TIPO PAREDE DE CONCRETO PARA HABITAÇÕES POPULARES.** Revista Mirante, Anápolis (Go), v. 10, n. 19814089, p. 89-102, jun. 2017.

ANEXO A - Ficha de Concretagem preenchida dia 25/09/2025

FICHA DE CONCRETAGEM

Nome do empreendimento: Empreendimento X

Nome da construtora: Empresa A

Nome da empresa de concretagem: Empresa B

Traço do concreto utilizado: 1:1,435:2,152:3,138:0,703

Equipamentos de lançamento e vibração: Bomba lança

Condições ambientais no momento da concretagem:

■ Ensolarado ■ Nublado ☒ Chuvoso ■ Ventando ■ Outro: _____

Temperatura: 20 °C Umidade: 70 %

Peça concretada: Apartamentos 702, 704 e 706 e laje

Data da concretagem: 25/09/25

Horário de início: 17 h 17 Horário de término: 17 h 29

Local da concretagem: 4º Pavimento - Torre 1 / Bº Pavimento

Observações adicionais: Saida do caminhão da usina: 15h58
Chegada do caminhão na obra: 17:00

Fonte: Autores (2025)

ANEXO B - Ficha de Concretagem preenchida dia 25/09/2025

FICHA DE CONCRETAGEM

Nome do empreendimento: Empreendimento X

Nome da construtora: Empresa A

Nome da empresa de concretagem: Empresa B

Traço do concreto utilizado: 1:1,435:2,152:3,138:0,703

Equipamentos de lançamento e vibração: Bomba lança

Condições ambientais no momento da concretagem:

■ Ensolarado ■ Nublado ☒ Chuvoso ■ Ventando ■ Outro: _____

Temperatura: 20 °C Umidade: 70 %

Peça concretada: Apartamentos 702, 704 e 706 e laje

Data da concretagem: 25/09/2025

Horário de início: 18 h 00 Horário de término: 18 h 14

Local da concretagem: 4º Pavimento - Torre 1 / Bº Pavimento

Observações adicionais: Saida do caminhão da usina: 16h 56
Chegada do caminhão na obra: 17:50

Fonte: Autores (2025)

ANEXO C - Ficha de Concretagem preenchida dia 26/09/2025

FICHA DE CONCRETAGEM	
Nome do empreendimento:	Empreendimento X
Nome da construtora:	Empresa A
Nome da empresa de concretagem:	Empresa B
Traço do concreto utilizado:	1:1,435:2,152:3,138:0,203
Equipamentos de lançamento e vibração:	Bomba lança
Condições ambientais no momento da concretagem:	
☐ Ensolarado ☐ Nublado ☒ Chuvoso ☐ Ventando ☐ Outro:	
Temperatura:	22 °C Umidade: 70 %
Peça concretada:	Apartamentos 701, 703, 705 e Hall
Data da concretagem:	26/09/2025
Horário de início:	16 h 47
Horário de término:	17 h 05
Local da concretagem:	4º Pavimento - Torre 1
Observações adicionais:	Saida do caminhão da Usina: 15h07 Chegada do caminhão na obra: 16h14

Fonte: Autores (2025)

ANEXO D - Ficha de Concretagem preenchida dia 26/09/2025

FICHA DE CONCRETAGEM	
Nome do empreendimento:	Empreendimento X
Nome da construtora:	Empresa A
Nome da empresa de concretagem:	Empresa B
Traço do concreto utilizado:	1:1,435:2,152:3,138:0,203
Equipamentos de lançamento e vibração:	Bomba lança
Condições ambientais no momento da concretagem:	
☐ Ensolarado ☐ Nublado ☒ Chuvoso ☐ Ventando ☐ Outro:	
Temperatura:	22 °C Umidade: 70 %
Peça concretada:	Apartamentos 701, 703, 705 e Hall
Data da concretagem:	26/09/2025
Horário de início:	17 h 09
Horário de término:	17 h 23
Local da concretagem:	4º Pavimento - Torre 1
Observações adicionais:	Saida do caminhão da usina: 15h33 Chegada do caminhão na obra: 16h35

Fonte: Autores (2025)

ANEXO E - Ficha de Concretagem preenchida dia 16/10/2025

FICHA DE CONCRETAGEM	
Nome do empreendimento:	Empreendimento X
Nome da construtora:	Empresa A
Nome da empresa de concretagem:	Empresa B
Traço do concreto utilizado:	1: 1,435 : 2,152 : 3,138 : 0,703
Equipamentos de lançamento e vibração:	Bomba lança
Condições ambientais no momento da concretagem:	
☒ Ensolarado ☐ Nublado ☐ Chuvisco ☐ Ventando ☐ Outro:	
Temperatura:	28 °C Umidade: 30 %
Peça concretada:	Apartamentos 1101, 1103, 1105 e Hall
Data da concretagem:	16/10/2025
Horário de início:	19 h 22
Horário de término:	19 h 45
Local da concretagem:	11º Pavimento - Torre 1
Observações adicionais:	Saída do caminhão da usina: 17h38 Chegada do caminhão na obra: 18h44

Fonte: Autores (2025)

ANEXO F - Ficha de Concretagem preenchida dia 16/10/2025

FICHA DE CONCRETAGEM	
Nome do empreendimento:	Empreendimento X
Nome da construtora:	Empresa A
Nome da empresa de concretagem:	Empresa B
Traço do concreto utilizado:	1: 1,435 : 2,152 : 3,138 : 0,703
Equipamentos de lançamento e vibração:	Bomba lança
Condições ambientais no momento da concretagem:	
☒ Ensolarado ☐ Nublado ☐ Chuvisco ☐ Ventando ☐ Outro:	
Temperatura:	28 °C Umidade: 30 %
Peça concretada:	Apartamentos 1101, 1103, 1105 e Hall
Data da concretagem:	16/10/2025
Horário de início:	18 h 59
Horário de término:	19 h 18
Local da concretagem:	11º Pavimento - Torre 1
Observações adicionais:	Saída do caminhão da usina: 17h14 Chegada do caminhão na obra: 18h20

Fonte: Autores (2025)

ANEXO G - Ficha de Concretagem preenchida dia 17/10/2025

FICHA DE CONCRETAGEM

Nome do empreendimento: Empreendimento X

Nome da construtora: Empresa A

Nome da empresa de concretagem: Empresa B

Traço do concreto utilizado: 1: 1,435 : 2,152 : 3,138 : 0,303

Equipamentos de lançamento e vibração: Bomba lança

Condições ambientais no momento da concretagem:

■ Ensolarado ■ Nublado ☒ Chuvoso ■ Ventando ■ Outro: _____

Temperatura: 31 °C Umidade: 50 %

Peça concretada: Apartamentos 1102, 1104 e 1106

Data da concretagem: 17/10/2025

Horário de início: 19 h 12 Horário de término: 19 h 26

Local da concretagem: 11º Pavimento - Torre 1

Observações adicionais: Saída do caminhão da usina: 17:50
Chegada do caminhão na obra: 18h58

Fonte: Autores (2025)

ANEXO H - Ficha de Concretagem preenchida dia 17/10/2025

FICHA DE CONCRETAGEM

Nome do empreendimento: Empreendimento X

Nome da construtora: Empresa A

Nome da empresa de concretagem: Empresa B

Traço do concreto utilizado: 1: 1,435 : 2,152 : 3,138 : 0,303

Equipamentos de lançamento e vibração: Bomba lança

Condições ambientais no momento da concretagem:

■ Ensolarado ■ Nublado ☒ Chuvoso ■ Ventando ■ Outro: _____

Temperatura: 31 °C Umidade: 50 %

Peça concretada: Apartamentos 1102, 1104 e 1106

Data da concretagem: 17/10/2025

Horário de início: 19 h 30 Horário de término: 19 h 46

Local da concretagem: 11º Pavimento - Torre 1

Observações adicionais: Saída do caminhão da usina: 18h09
Chegada do caminhão na obra: 18:55

Fonte: Autores (2025)

ANEXO I – DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO



Entrega do Trabalho de Conclusão de Curso Curso de Graduação em Engenharia Civil Ano 2025

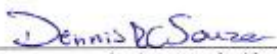
Declaramos que as correções solicitadas pelos avaliadores foram executadas.

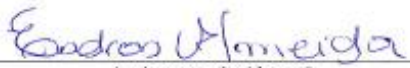
TÍTULO DO TRABALHO: Análise de boas práticas de concretagem com concreto autoadensável - Estratégias de controle de qualidade para prevenção de patologias em parede de concreto moldadas in loco.

ALUNOS: Dennis Rodrigo Capellini de Souza e Esdras Almeida Rocha dos Santos

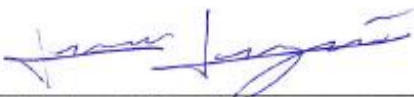
ORIENTADOR (A): Luca Gomes Pereira de Vilhena Lorenzini

São José dos Campos, 17 de dezembro de 2025


Assinatura do Aluno 1


Assinatura do Aluno 2

De Acordo:


Assinatura do Orientador Interno

Conferência da Coordenação de Curso:

Autorizo que o Relatório Final do Trabalho de Graduação do(s) aluno(s) acima descrito(s) seja protocolado como entregue em sua versão final na Secretaria Geral da UNIVAP (TUDO AQUI).

Coordenação do Curso de Engenharia Civil