

FAMIG – FACULDADE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS NO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES
DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

Belo Horizonte

2023

HELLEM CRISTINA AMARAL ALVES

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS NO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAREDES
DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

Trabalho de conclusão de curso de engenharia civil da universidade Famig como requisito parcial para aprovação na Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof.^oDiego Junior Queiroz.

Belo Horizonte

2023

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Justificativa	6
1.2 Problema.....	8
1.3 Hipóteses ou pressupostos.....	10
1.4 Objetivos Específicos	10
1.4.1 Objetivo Geral.....	10
1.4.2 Objetivo Específico	11
1.5 Metodologia	11
2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO	14
3 METODOLOGIA CONSTRUTIVA	17
3.1 Armação.....	17
3.2 Sistemas Embutidos	19
3.3 Formas.....	22
3.4 Concreto.....	25
3.5 Mão de obra	27
3.6 Desforma	28
3.7 Acabamento	29
4 O SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO APLICADO A CONJUNTOS HABITACIONAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	31
4.1 Programa Minha Casa Minha Vida.....	33
4.2 Habitações do Programa Minha Casa Minha Vida construídas com paredes de concreto moldadas in loco	34
5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO	35
5.1 Manifestação De Trincas E Fissuras.....	36
5.2 Juntas frias de concretagem não previstas.....	37
5.3 Vazios e nichos de concretagem.....	38
5.4 Causas das manifestações patológicas durante a execução.....	39
5.4.1 Fôrmas e escoramentos	39
5.4.2 Deficiências na armadura.....	39
5.4.3 Falhas na concretagem.....	40

6 ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	41
6.1 Método de construção da empresa.....	41
6.1.1 Fôrmas	42
6.1.2 Armaduras.....	42
6.1.3 Concreto.....	42
6.1.4 Sistemas Embutidos.....	42
6.1.5 Concretagem.....	42
6.1.6 Revestimentos das paredes.....	44
6.2 Empreendimentos entregues	44
6.3 Empreendimento Reserva Nascente.....	48
6.4 Empreendimento 2: Coari	52
6.5 Resultados	54
6.6 Falhas de execução	56
6.6 Identificação das falhas observadas.....	56
7 RESULTADOS.....	68
7.1 Correlação entre as anomalias identificadas e as deficiências no processo de execução, juntamente com as estratégias de mitigação correspondentes	70
7.1.1 Problemas nas aberturas das esquadrias.....	70
7.1.2 Patologias na estrutura.....	70
8 CONCLUSÃO	74
9 REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa aborda a temática da Avaliação das Patologias no Sistema Construtivo em Paredes de Concreto Moldadas no Local para Edifícios Residenciais. Este projeto visa investigar e analisar a eficácia, e a confiabilidade do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, com foco na construção de edifícios residenciais. A escolha desse tema é motivada pela crescente adoção desse método construtivo no mercado habitacional brasileiro, especialmente em empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Diante do aumento contínuo da necessidade por moradias acessíveis nas proximidades de centros urbanos densamente povoados, propõe-se a reformulação do programa. Esta iniciativa visa atender de maneira eficiente e inclusiva à demanda habitacional, promovendo o acesso à moradia digna para segmentos da população que enfrentam dificuldades.

Nesse contexto o tema central deste projeto é de extrema relevância, uma vez que se concentra na avaliação das patologias em um sistema construtivo em ascensão, as paredes de concreto com foco em edifícios residenciais. Este sistema construtivo tem ganhado destaque como uma alternativa inovadora, principalmente em empreendimentos destinados a segmentos de menor renda, como o Programa Minha Casa Minha Vida, que busca suprir o déficit habitacional no Brasil.

Com o rápido crescimento da demanda habitacional no Brasil, impulsionada pelo Programa Minha Casa Minha Vida, a técnica de construção de paredes de concreto, emergiu como uma solução inicialmente notada como eficaz e rápida. No entanto, como apontado por Arêas (2013) e Corsini (2012), mesmo com suas vantagens, essa abordagem enfrenta desafios significativos, como ocorrência de patologias e problemas estruturais.

A pesquisa em questão fundamenta-se em um sólido embasamento teórico, ancorado em estudos conduzidos pelo Grupo Paredes de Concreto, associado à renomada Associação Brasileira de Cimento Portland. Além disso, a análise incorpora pesquisas de autores proeminentes, como Anaute (2012), e referências valiosas como as diretrizes estabelecidas pela ABESC (Associação Brasileira das

Empresas de Serviços de Concretagem, 2013), entre outros. A norma NBR 16055:2012 também é uma referência essencial, pois padroniza a execução das paredes de concreto moldadas in loco, buscando mitigar problemas e elevar a qualidade das construções. A demanda por habitações acessíveis e a busca por soluções construtivas eficientes no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida enfatizam a necessidade de uma abordagem detalhada das patologias no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco.

Outro aspecto a ser ponderado é a conformidade do método construtivo com a Norma NBR 15575, que define critérios de desempenho em relação a diversos fatores, incluindo desempenho térmico, acústico, resistência a impactos, permeabilidade da superfície, e outros. Levando em consideração esses aspectos, as paredes de concreto moldadas in loco tiveram seus parâmetros de projeto e execução padronizados em 2012 pela Norma NBR 16055:2012 - "Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e Procedimentos". Dessa forma, quaisquer patologias encontradas em edificações construídas com paredes de concreto provavelmente têm origem em falhas ou deficiências construtivas, bem como em possíveis inadequações nos projetos que não atendem integral ou parcialmente às diretrizes da referida norma de execução. Além disso, as patologias podem surgir devido a procedimentos e requisitos da norma que, por si só, podem não ser suficientes para assegurar o desempenho adequado das edificações.

1.1 Justificativa

O principal objetivo deste trabalho é identificar e analisar as ocorrências e problemas mais frequentes na engenharia civil. Pretende-se examinar suas origens e apresentar possíveis soluções. Durante as fases de concepção de uma edificação, busca-se oferecer alternativas e abordar esses temas de maneira acessível, com o propósito de alertar os profissionais de engenharia civil para as consequências resultantes de dimensionamentos inadequados e da falta de planejamento na implantação de edifícios de diversas finalidades (Marcelli, 2007).

A necessidade de estabelecer padrões de qualidade mais rigorosos na construção civil é uma resposta importante às preocupações decorrentes da falta de

treinamento e conhecimento teórico de profissionais da área. Isso resultou no desenvolvimento de novas normas de avaliação do padrão de qualidade dos produtos de construção, com o objetivo de atender aos requisitos mínimos para os compradores de imóveis. Um exemplo notável é a norma técnica ABNT NBR 15575/2013: desempenho de edificações habitacionais. Essa norma tem como finalidade avaliar o produto oferecido por construtoras com base em padrões mínimos relacionados ao conforto, estabilidade, vida útil adequada da edificação, segurança estrutural e proteção contra incêndios (CBIC, 2013).

A NBR 15.575/2023 estabelece os critérios mínimos de desempenho para os sistemas de edificações, juntamente com as responsabilidades e intervenções necessárias para garantir a vida útil mínima obrigatória das construções. Ela é composta pelas seguintes partes: (i) requisitos gerais; (ii) requisitos para sistemas estruturais; (iii) requisitos para os sistemas de pisos; (iv) requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; (v) requisitos para os sistemas de coberturas; (vi) requisitos para os sistemas hidrossanitários (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

O conceito de desempenho abarca as necessidades humanas que devem ser atendidas por um edifício, a fim de que ele possa cumprir sua função ao longo de sua vida útil. Estas necessidades incluem aspectos de natureza fisiológica, psicológica, sociológica e econômica (MITIDIARI FILHO; HELENE, 1998), bem como considerações relacionadas à segurança, conforto, funcionalidade, entre outros. Esses requisitos e critérios de desempenho devem ser integrados ao processo de projeto e execução de uma edificação (HOPFE, 2009), representando uma mudança significativa nas práticas convencionais de projeto e construção. É fundamental adotar uma abordagem centrada no desempenho desde a fase inicial do projeto, considerando que o conceito de desempenho também abrange questões de durabilidade e sustentabilidade, que são cada vez mais relevantes nas preocupações contemporâneas (OLIVEIRA; MITIDIARI FILHO, 2012).

O tema abordado neste projeto, a avaliação das patologias no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco para edifícios residenciais, é de extrema relevância no contexto da construção civil brasileira. A escolha desse tema se baseia na crescente adoção dessa técnica construtiva, principalmente em

empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida, que visam atender às necessidades habitacionais de segmentos de menor renda.

Os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) apontam que, em 2011, havia um déficit habitacional de 5,4 milhões de habitações (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). O cenário habitacional brasileiro demanda soluções construtivas eficientes que possam suprir essa lacuna e oferecer moradias dignas e acessíveis. A escolha do sistema de paredes de concreto moldadas in loco como alternativa ganha relevância diante dessa realidade, destacando a importância de avaliar e solucionar as patologias que podem afetar a qualidade dessas construções.

Além de reduzir o déficit habitacional e contribuir para diminuir os riscos de impacto da crise internacional na economia brasileira, o programa Minha Casa, Minha Vida também trouxe à tona o fato de que o problema da habitação para a população de baixíssima renda (até três salários mínimos) somente será enfrentado se houver um grande aporte de recursos públicos(Revista Brasileira da Habitação, 2009, p. 10).

1.2 Problema

O sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco é amplamente adotado na construção de edifícios residenciais, sendo particularmente prevalente em empreendimentos vinculados ao Programa Minha Casa Minha Vida. Esta escolha se baseia na agilidade e eficiência proporcionadas por essa técnica, que é especialmente adequada para projetos de grande escala e de baixo custo.

Apesar dos benefícios notáveis oferecidos por esse método construtivo, é importante ressaltar que a sua implementação não está isenta de desafios. A prática tem revelado a existência de patologias e problemas estruturais que podem afetar negativamente a qualidade e a durabilidade das edificações. Infelizmente, esses problemas podem levar a consequências prejudiciais, tais como riscos à segurança dos ocupantes, custos adicionais de manutenção e reparos, bem como insatisfação por parte dos moradores. Dessa forma, a importância de avaliar, identificar e mitigar essas patologias no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco é clara. As patologias identificadas no sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco podem ser atribuídas a uma variedade de causas que abrangem desde a etapa de planejamento até a execução das obras.

Falhas nos procedimentos de execução desempenham um papel significativo na geração de patologias, incluindo problemas como desvios nas proporções de mistura de concreto, compactação inadequada do concreto fresco e posicionamento inadequado das armaduras. A não conformidade com os padrões técnicos e regulamentares também pode resultar em patologias, como a falta de alinhamento adequado das formas ou a aplicação inadequada de técnicas de cura. Além disso, inadequações no projeto podem desencadear patologias ao não considerar adequadamente as cargas, as tensões e os aspectos de durabilidade do sistema construtivo. A escolha de materiais de baixa qualidade ou inadequados para as condições de uso também pode ser uma fonte significativa de problemas, visto que materiais inadequados podem resultar em corrosão, fissuras, degradação prematura e outros defeitos que afetam a durabilidade e a estabilidade das construções. Outros fatores como falta de inspeção e controle de qualidade rigorosos ao longo do processo construtivo, podem contribuir para a ocorrência de patologias. A ausência de supervisão eficaz pode permitir que erros e deficiências se acumulem, comprometendo a integridade estrutural e funcional dos edifícios.

O presente projeto propõe abordar de maneira abrangente as patologias que afetam o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco. O foco principal é conduzir uma análise aprofundada dessas patologias com o objetivo de identificar suas principais causas, falhas no processo de execução e suas consequências para a qualidade e a durabilidade das edificações. Uma das metas centrais é compreender as causas subjacentes das patologias, investigando as falhas nos procedimentos de execução, as inadequações no projeto, o uso de materiais de baixa qualidade e outros fatores que possam estar contribuindo para a manifestação desses problemas. Ao identificar esses pontos críticos, será possível formular estratégias corretivas e preventivas específicas.

Outro objetivo relevante desse projeto é propor medidas eficazes para corrigir e prevenir as patologias identificadas. Isso pode envolver a revisão e aprimoramento dos procedimentos de execução, a implementação de critérios mais rigorosos de controle de qualidade, a escolha de materiais adequados e a revisão dos projetos para garantir que considerem adequadamente as tensões, cargas e durabilidade das edificações. Além disso, o projeto visa a contribuir para a melhoria global da

qualidade e durabilidade das edificações construídas com esse sistema, garantindo a satisfação e a segurança dos moradores. Através da identificação e correção das patologias, espera-se aumentar a confiabilidade e a vida útil das construções, reduzindo os custos adicionais de manutenção e reparos e promovendo um ambiente habitacional mais seguro e satisfatório.

Portanto, o presente projeto não apenas se concentra na análise das patologias, mas também se esforça para fornecer soluções tangíveis e viáveis que possam ser implementadas de forma eficaz, visando melhorar a qualidade, a durabilidade e a segurança das edificações construídas com o sistema de paredes de concreto moldadas in loco.

1.3 Hipóteses ou pressupostos

As patologias identificadas nas construções com paredes de concreto moldadas in loco estão diretamente relacionadas a falhas nos procedimentos de execução, tais como erros de execução das instalações e revestimentos, falhas durante a execução – principalmente nos procedimentos de montagem e na concretagem –, o não cumprimento dos padrões técnicos e regulamentares, como a NBR 16055:2012, é um fator significativo que contribui para a ocorrência de patologias no sistema. A seleção inadequada de materiais de construção, especialmente aqueles de qualidade inferior ou não adequados às condições de uso, desempenha um papel crítico no surgimento de patologias em obras de paredes de concreto moldadas in loco. A implementação de medidas corretivas e preventivas, como melhorias nos procedimentos de execução, rigoroso controle de qualidade e mão de obra especializada, pode efetivamente reduzir a ocorrência de patologias em construções com esse sistema construtivo.

1.4 Objetivos Específicos

A pesquisa possui definidos seus objetivos principais e secundários, conforme os itens abaixo.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa visa o apontamento das principais manifestações patológicas e suas causas em unidades habitacionais construídas pelo método de paredes de concreto moldadas in loco proveniente da etapa de execução, e oferecer, ao final, soluções para os vícios de construção apresentados.

1.4.2 Objetivo Específico

Uma lista detalhada de todas as manifestações patológicas registradas nos projetos entregues pela construtora estudada, bem como registros das fases construtivas das paredes de concreto nas obras da mesma construtora. Espera-se, portanto, que seja realizada uma análise crítica das melhorias necessárias para uma melhor utilização dos sistemas prediais pela empresa utilizada como amostra.

1.5 Metodologia

A obra analisada é um empreendimento realizado por uma construtora de grande porte da cidade de Belo Horizonte-MG, utilizado em todas as obras do mesmo sistema de construção. A Belo Horizonte Venda Nova - MG, tem 1 bloco de dezoito pavimentos com 8 apartamentos por andar.

A obra foi totalmente executada a partir do emprego do sistema construtivo de paredes de concreto, com concreto de resistência (fck) 35 MPa e brita 0 até o 4º pavimento, concreto de resistência (fck) 30 MPa e brita 0 até o 7º pavimento, concreto de resistência (fck) 25 MPa e brita 0 até o 18º pavimento, fornecido por uma usina de concreto da cidade de Ribeirão das Neves-MG. O ensaio de consistência do concreto (Slump Test) apresentou um resultado de 25 ± 2 cm. A obra teve um período de duração de 12 meses, iniciando em setembro de 2022 e sendo entregue em setembro de 2023. Para o levantamento das patologias do condomínio Total, foram analisados o bloco 1 do térreo ao 18º pavimento.

A obra tinha disponível, para a realização das concretagens, um jogo de formas, no qual eram realizadas concretagens alternadas em toda a estrutura, incluindo as vedações externas e internas. Um jogo de forma representava 4 apartamentos, ou seja, em cada montagem de forma eram concretados 4 apartamentos, além do hall. No total, foram realizadas 10 análises de manifestações patológicas.

O procedimento é dividido em quatro fases: (I) avaliação visual por meio do preenchimento de Ficha de Verificação de Serviço (FVS), (II) análise dos problemas quantitativos e qualitativos, (III) investigação das possíveis causas para compreensão dos problemas encontrados e (IV) uma análise dos procedimentos corretivos e preventivos utilizados na engenharia.

O primeiro passo foi diariamente voltado para coletar dados de qualidade ideal. Todos os serviços envolvidos nessa estrutura foram monitorados para entender como funcionam e como podemos melhorá-los para evitar problemas futuros. As FVS preenchidas referem-se aos serviços de marcação de paredes, armação, instalações elétricas, hidráulicas, montagem da forma, concretagem, revestimentos, alvenarias e todos os serviços executados na obra.

Todo esse preenchimento é realizado via aplicativo (Construpoint), onde é possível fazer o check list das atividades executadas através do celular ou computador disponibilizado pela empresa e realizar registros de imagens, apontando os erros na execução do serviço para solucionarmos. Foi iniciado o acompanhamento dos serviços para preenchimento dos FVS, começando pelo 2º pavimento e finalizando no 18º pavimento.

O bloco 1 teve início no dia 30/10/2022 quando teve suas estacas concretadas e sua última concretagem foi dia 31/05/2023 sendo a platibanda a última estrutura concretada.

Na segunda etapa, através de uma planilha de dados, foram reunidas as informações de patologias que surgiram no bloco analisado, as quais receberam classificação por tipo e contabilizadas para identificar a frequência e incidência da mesma na estrutura dos blocos. Realizou-se essa análise qualitativa e quantitativa em dois momentos: após 2 dias da conclusão da estrutura, para identificarmos as patologias imediatas, que ocorrem logo após a concretagem e após 10 dias da conclusão da estrutura, já que patologias como as fissuras muitas das vezes não aparecem de imediato, e dependem da trabalhabilidade da estrutura em decorrência da cura, esforço e temperatura.

Na terceira etapa, com os dados das fichas de verificação de serviço e das patologias encontradas, começou a ser investigado as possíveis causas das

patologias em decorrência dos serviços executados, para classificar os principais agentes causadores, que podem ser falha na execução do serviço, material de baixa qualidade e erro de dimensionamento do projeto.

Segundo o estudo realizado pela AECWeb (2019), no Brasil, as principais causas das patologias estão relacionadas à execução de determinado serviço. A segunda maior causa são os projetos sem o devido dimensionamento, erros no modelo estrutural, erros na definição de rigidez dos elementos estruturais, falta de drenagem, ausência de impermeabilização e deficiências no detalhamento das armaduras. Desde a atenção dedicada aos procedimentos desde a montagem das formas até a fase de concretagem, diversas variáveis podem desencadear problemas estruturais.

Algumas dessas causas são facilmente identificáveis, como no exemplo de paredes que estão fora de alinhamento ou fora do prumo. Essas irregularidades frequentemente resultam da falta de verificação da forma antes da concretagem ou podem ser atribuídas à má qualidade da própria forma, devido à sua deformação ou à presença de irregularidades que afetam a qualidade final da estrutura.

2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO

O sistema construtivo de parede de concreto utiliza formas que são montadas diretamente no local da obra e, posteriormente, preenchidas com concreto, incluindo previamente as instalações hidráulicas e elétricas. Uma característica distintiva desse sistema é a integração da vedação e da estrutura como elementos unificados (Misurelli; Massuda, 2009).

Figura 1 – Exemplo de edifício sendo construído no sistema parede de concreto



Fonte: Cimento Itambé (2015).

Esse sistema é particularmente vantajoso em empreendimentos com alta repetitividade, ou seja, quando há a necessidade de construir várias unidades iguais ou similares. Isso ocorre porque o sistema de parede de concreto permite a execução rápida e eficiente das paredes, reduzindo o tempo de construção e os custos relacionados à mão de obra.

Quanto à capacidade estrutural, o sistema de parede de concreto pode ser utilizado em edificações de casas térreas, sobrados e edifícios de até seis pavimentos. Em algumas situações específicas, como em edifícios de até nove pavimentos com

apenas esforços de compressão e com as devidas análises e dimensionamentos, o sistema pode ser estendido para atender edifícios de até 30 pavimentos.

O sistema de parede de concreto moldado in loco trata-se de um processo rápido e eficiente, tornando a construção limpa por conta do seu controle de materiais e com poucas perdas, evitando gastos e economia com mão de obra. É válido ressaltar que o sistema construtivo de paredes de concreto contribui para a redução das atividades artesanais e improvisações, pois utiliza formas deslizantes ou painéis pré-fabricados que são montados de maneira sistemática e padronizados.

Isso resulta em uma redução no número de operários necessários no canteiro de obras, pois a execução das paredes é realizada de forma mais eficiente e rápida. A padronização do sistema permite uma maior produção em menos tempo, o que acelera o ritmo da construção. Além disso, a redução de atividades artesanais diminui a margem de erros e retrabalhos, contribuindo para a melhoria da qualidade final da obra.

No entanto, é fundamental que o engenheiro responsável pela obra desempenhe um papel crucial no controle e planejamento do processo construtivo. Ele deve garantir que todas as etapas sejam realizadas adequadamente, desde a fase de projeto até a entrega final da obra. É na fase de montagem das formas até a desforma que o engenheiro deve estar atento para evitar erros que possam resultar em danificação das formas ou perda de concreto. O controle da obra inclui verificar o alinhamento, a verticalidade e a adequada fixação das formas, bem como a correta dosagem e lançamento do concreto. O engenheiro também deve garantir que os prazos sejam cumpridos e que todas as etapas estejam de acordo com as normas e regulamentos aplicáveis. Com um planejamento sistêmico e um controle adequado, é possível obter a qualidade final desejada, aumentar a produtividade e cumprir os prazos estabelecidos na construção utilizando o sistema construtivo de paredes de concreto.

O sistema de parede de concreto apresenta vantagens em termos de redução de desperdício e simplificação das etapas construtivas em comparação com a alvenaria convencional. No sistema de alvenaria convencional, é comum que após a construção das paredes, seja necessário realizar a quebra dessas paredes para a instalação de sistemas elétricos, hidráulicos e outros. Essa quebra resulta em

desperdício de materiais, gerando resíduos que precisam ser descartados. Por outro lado, no sistema de parede de concreto, as instalações elétricas, hidráulicas e outros serviços podem ser incorporados diretamente durante a execução das paredes, por meio de fôrmas com aberturas e dutos pré-dimensionados.

Dessa forma, não é necessário realizar a quebra das paredes posteriormente, já que reduz significativamente o desperdício de materiais e a geração de resíduos. Estudos mostram que o sistema de parede de concreto gera cerca de 80% menos resíduos em comparação com a alvenaria convencional. Essa redução ocorre devido à precisão das fôrmas e ao uso de fôrmas reutilizáveis, que podem ser empregadas em diversas etapas construtivas. A minimização do desperdício não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a quantidade de resíduos enviados para aterros, mas também traz benefícios econômicos, pois evita o gasto desnecessário de materiais. Portanto, o sistema de parede de concreto oferece uma solução mais eficiente e sustentável em relação à redução de desperdício e simplificação das etapas construtivas, quando comparado ao sistema de alvenaria convencional.

Figura 2 – Resíduos gerados no sistema construtivo de alvenaria convencional



Fonte: Qualidade Online (2017).

3 METODOLOGIA CONSTRUTIVA

As metodologias de construção de paredes de concreto incluem muitos métodos anteriores depois que as paredes foram concretadas. Eles podem ser listados como processos regulares: montagem de estruturas de paredes de concreto, pórticos e sistemas embutidos, montagem de fôrmas, concretagem e posterior desforma.

Nas tabelas fornecidas pela empresa, encontram-se as instruções de serviços controlados (ISC) que devem ser executadas conforme a orientação de cada serviço da obra conforme o padrão da empresa que irá executar as paredes de concreto moldadas in loco.

Percebe-se, portanto, a importância de estabelecer boas práticas de execução para as paredes de concreto. Importante salientar também que ao serem padronizados os processos de construção a nível industrial, como se deseja com a utilização do método de paredes de concreto moldadas in loco, a incorporação dessas boas práticas acaba acontecendo naturalmente, aumentando a tendência de aperfeiçoamento do método a cada ciclo de execução.

3.1 Armação

A armação adotada no sistema de parede de concreto in loco consiste em barras de aço dispostas vertical e horizontalmente, formando uma malha de aço dentro do molde da parede. Essa malha de aço, também chamada de armadura, é responsável por resistir às tensões de tração e melhorar a resistência e a durabilidade da estrutura.

De acordo com a NBR 16055 (2012), norma brasileira que estabelece os requisitos para execução de estruturas de concreto pré-moldado, é necessário que as armaduras estejam limpas e que seu posicionamento e cobrimento estejam de acordo com as especificações do projeto.

O cobrimento das armaduras se refere à distância entre a superfície externa da peça de concreto e a face mais externa das barras de aço. Essa medida é importante para garantir a proteção das armaduras contra a corrosão e fornecer resistência adequada à estrutura. O valor do cobrimento é definido no projeto estrutural, levando

em consideração fatores como exposição ambiental, agressividade do ambiente e classe de agressividade do concreto.

Nas estruturas de parede de concreto in loco, é comum utilizar telas soldadas para reforçar as paredes. Essas telas são posicionadas tanto no eixo vertical das paredes quanto nas duas faces. As telas soldadas são formadas por barras de aço dispostas em malhas retangulares ou quadradas, interligadas por soldagem. Elas são utilizadas para proporcionar maior resistência à parede de concreto, ajudando a distribuir as cargas e restringir o surgimento de fissuras. No posicionamento vertical das paredes, as telas soldadas são fixadas na estrutura de forma a envolver toda a espessura da parede. Essas telas ajudam a resistir aos esforços de tração que podem ocorrer na parede.

A norma técnica que trata do uso do aço em paredes de concreto é a NBR 16055:2012: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações: requisitos e procedimentos. Essa norma estabelece os requisitos e procedimentos para o projeto e execução de paredes de concreto moldadas in loco, incluindo as especificações para o uso de armaduras de aço.

Figura 3 – Posicionamento da armadura



Fonte: o autor (2023).

O primeiro passo para a montagem das telas soldadas é verificar o projeto de armação e elétrica compatibilizado. Visa-se que as instalações sejam fixadas nas telas logo após conferir a laje de piso, que servirá de base para apoio das formas concluídas, niveladas e com a marcação das faces das paredes. Além disso, é necessário verificar a plataforma de trabalho montada em conjunto com a linha de

vida. A armação de arranque deve estar em espera no eixo da marcação, conforme projeto. O local para o travamento dos consoles deve ser definido, aplicável apenas para as obras em Parede de Concreto. O kit de barras retas de reforço deve ser conferido e liberado para montagem próximo ao local de utilização.

Deve-se posicionar e amarrar as telas metálicas na armação de arranque conferindo o transpasse previsto no projeto, pois é necessário se atentar para o comprimento das esperas e se necessário, realizar transpasse. Também amarrar as barras de reforço, nas vergas e contravergas de janelas e portas, e em demais locais indicados em projeto conferindo transpasse, cortar a tela nos vãos de portas e janelas, quando necessário e instalar no mínimo 4 espaçadores por m² nas armações a fim de garantir o posicionamento correto das mesmas.

Além disso, instalar espaçadores na armação da base das paredes e deixar a armação de arranque em espera para garantir a amarração da estrutura. Essa espera deve ser feita de acordo com o projeto específico. Recomenda-se que o arranque da parede de uma laje para outra, ao invés de amarrado, seja posicionado com no mínimo 2 cm de distância de face a face das barras ou em caso de bitolas maiores que 20mm de diâmetro a distância entre elas seja a medida da barra.

O cobrimento das armaduras em estruturas de concreto é um fator crucial para garantir a durabilidade e a proteção contra a corrosão. O cobrimento é a distância entre a superfície externa do concreto e a face mais próxima das armaduras. Esse valor de cobrimento é especificado pela norma NBR 6118:2014: projeto de estruturas de concreto.

3.2 Sistemas Embutidos

Após a instalação da tela na estrutura de concreto armado, é realizada a instalação hidráulica e elétrica da edificação. Existem normas especiais para equipamentos elétricos utilizados em paredes de concreto. Estas normas incluem tampas de fecho e dispositivos que facilitam a fixação ao reforço estrutural. Terminada a instalação elétrica e hidráulica, o espaçador é posicionado e travado. É importante garantir uma cobertura adequada e garantir que os espaçadores estejam espaçados uniformemente e devidamente fixados. Isso é absolutamente necessário para evitar o deslocamento das armaduras durante a concretagem da fôrma.

O atendimento a normas, como a ABNT NBR 16055 (2012), é essencial para garantir a qualidade e a segurança das estruturas de concreto armado em todas as etapas da construção. O uso adequado de normas, espaçadores e o cumprimento das especificações contribuem para a durabilidade e integridade da construção.

Figura 4 – Sistemas embutidos



Fonte: o autor (2023).

A norma ABNT NBR 16055 (2012, p. 24) estabelece que

os componentes embutidos em estruturas de concreto devem ser projetados de forma que possam manter sua forma durante o processo de fabricação do concreto, e que qualquer tipo de componente que provoque deterioração deve ser estipulado que deve ser resistente à contaminação.

Isso significa que os componentes embutidos, como dutos, tubulações, equipamentos elétricos e hidráulicos, estão adequadamente dimensionados e projetados para suportar as pressões, e forças geradas durante a concretagem, evitando deformações ou danos.

Para reduzir o deslocamento do tubo, é necessário fixar o tubo para o reforço. Isso também se aplica à colocação de concreto e deve incluir espaçadores de plástico. Além disso, garante a cobertura desses sistemas, conforme mostrado na Figura 6. Nesse caso da caixa de distribuição onde o interruptor e a tomada da caixa estão instalados, a frente da caixa fica exposta e é preciso usar espaçadores para garantir que a frente da caixa fique exposta. Isso pode ser visto após a desmoldagem. Normalmente, essas caixas de distribuição são enviadas da fábrica.

Na figura 5 abaixo mostra como geralmente ficam as armaduras e os sistemas embutidos de paredes de concreto moldadas in loco após o posicionamento correto dos elementos conforme descrito acima.

Figura 5 – Sistema de armaduras e instalações embutidas para paredes de concreto moldadas in loco



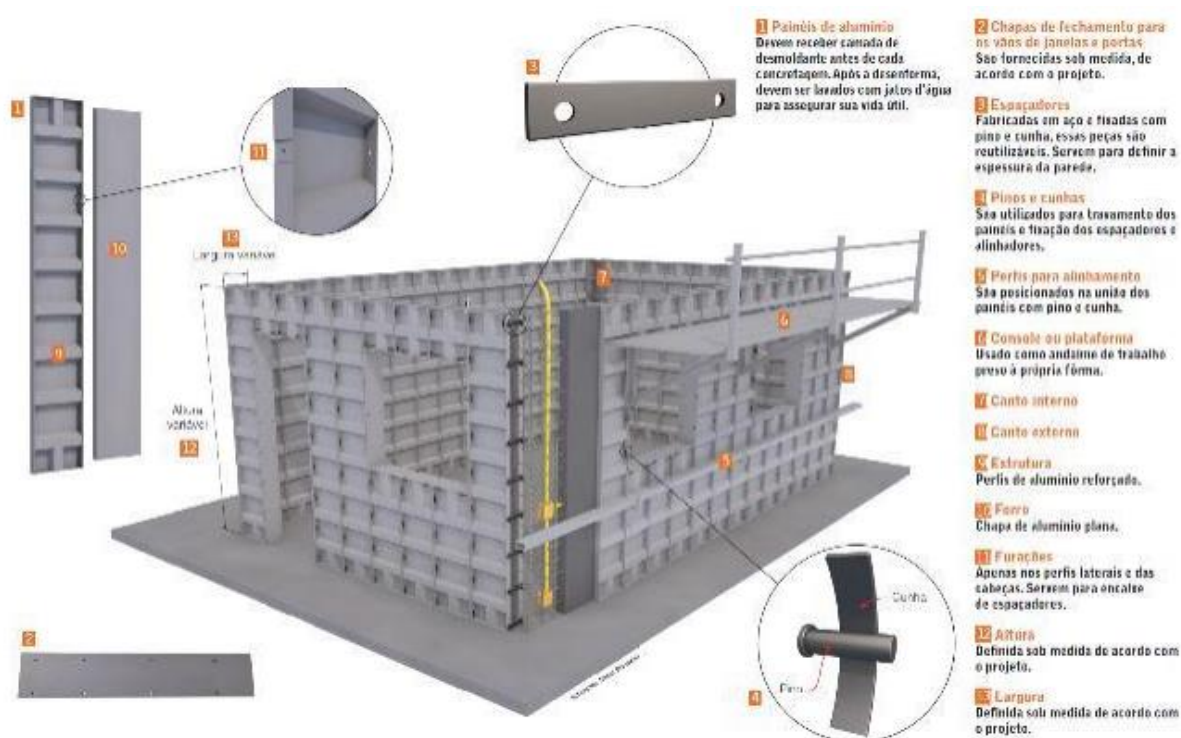
Fonte: o autor (2023)..

3.3 Formas

Existem diferentes tipos de formas disponíveis para o sistema construtivo de parede de concreto, e a escolha adequada é fundamental para potencializar os ganhos do sistema. Alguns dos fatores a serem considerados ao escolher o sistema de formas incluem:

- **Durabilidade da chapa e número de reutilizações:** as formas devem ser duráveis o suficiente para resistir ao desgaste durante a construção e permitir múltiplas reutilizações. É importante considerar a resistência do material da chapa das formas e verificar se ela é adequada para o uso prolongado.

Figura 6 – Esquema das peças e acessórios componentes das fôrmas metálicas



Fonte: Nakamura (2013).

A NBR 16055 (2012), intitulada "Concreto estrutural pré-moldado", diz como é importante o estudo dos projetos pelo responsável que executa a obra e que as formas devem vir acompanhadas de seus projetos.

Antes do lançamento do concreto nas formas deve-se verificar alguns itens como :

- Forma pronta, limpa, conferida e liberada;
- Escoramento conferido e liberado;
- Armação pronta, conferida e liberada;
- Instalação elétrica, hidráulica, telefonia, SPDA, Incêndio tamponada, pronta e conferida;
- Equipe do controle tecnológico presente antes do início da chegada do concreto;
- Armação de arranque em espera no eixo da marcação e conferido conforme projeto;
- Para execução de lajes: Plataformas de trabalho e linhas de vida montadas e liberadas;
- No caso de alvenaria estrutural deve-se tamponar com saco de cimento vazio os alvéolos dos blocos e
- Conferir as esperas dos eixos e de bandejas (quando aplicável).

Caso ocorra qualquer imperfeição nos itens acima, o concreto não deve ser lançado, pois pode acarretar grandes imperfeições, retrabalho e até acidentes. Segundo Santos (2011), antes que se inicie o processo de montagem das fôrmas é necessário preparar o local. Isso tem que ser feito de forma minuciosa para que se garanta que o espaço esteja limpo e nivelado. Se a superfície do piso estiver irregular, a regulação é necessária para evitar a heterogeneidade, evitando o desnivelamento das paredes.

A Norma Brasileira ABNT NBR 16055 estabelece tolerâncias geométricas para o posicionamento das fôrmas na construção de paredes. De acordo com a norma:

a) Para a espessura das paredes, a tolerância permitida é de ± 5 mm. Isso significa que a espessura da parede deve estar dentro dessa faixa de variação, ou seja, pode variar em até 5 mm a mais ou 5 mm a menos do que a espessura especificada no projeto e

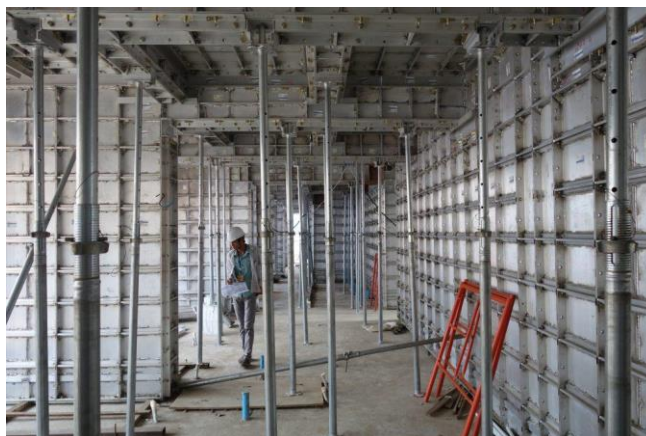
b) Quanto ao comprimento das paredes, medido entre as quinas, a tolerância é de 1/10 de sua espessura. Isso significa que a variação permitida no comprimento das

paredes é de 1/10 da espessura da parede. Por exemplo, se a espessura da parede for de 200 mm, a variação no comprimento permitida seria de 20 mm.

Na NBR 16055 (2012), além dos requisitos relacionados ao projeto e à execução de estruturas pré-moldadas de concreto, também é enfatizada a importância da conferência dos escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais antes da concretagem. Essa etapa de conferência tem como objetivo garantir que as formas estejam devidamente ajustadas e alinhadas, conforme especificado no projeto, para permitir a realização do serviço de concretagem e o acesso seguro de pessoas e equipamentos no local.

De acordo com Marcelli (2007) a correta projeção e execução das formas são essenciais não apenas para a segurança da estrutura, mas também para evitar problemas econômicos e prejuízos. Quando as formas e os escoramentos são projetados e executados de maneira incorreta, podem ocorrer consequências indesejadas que afetam tanto a questão estética quanto o orçamento final da obra.

A desforma refere-se ao momento em que as formas de suporte utilizadas durante a concretagem são removidas. A retirada do escoramento deve ser realizada de maneira cuidadosa e planejada, seguindo procedimentos específicos. Por exemplo, em estruturas com balanços, as escoras devem ser removidas da ponta do balanço em direção ao engaste. Se as escoras forem retiradas de forma inadequada, trincas ou outros danos podem ocorrer na estrutura. O escoramento da laje continua mesmo após a desforma das paredes. Isso significa que mesmo após a remoção das formas das paredes o escoramento é mantido para fornecer suporte adicional à laje até que ela esteja completamente curada e tenha adquirido resistência suficiente para suportar as cargas aplicadas.

Figura 7 – Escoramento da laje

Fonte: Engenharia 360 (2021).

3.4 Concreto

A norma NBR 16055 estabelece diretrizes e requisitos para a execução de paredes de concreto moldadas no local, visando assegurar a qualidade e o desempenho dessas estruturas. É importante consultar a norma atualizada para obter informações mais detalhadas sobre os procedimentos e requisitos específicos relacionados à produção do concreto para as paredes de concreto moldadas no local.

O concreto autoadensável (CAA) é considerado uma importante inovação tecnológica na construção civil do século passado. O material tem como características a fluidez e a resistência à segregação, diferenciando-se de outros materiais disponíveis no mercado (Tecnosil, 2019). Esse material possui características distintas, como alta fluidez e resistência à segregação, que o diferenciam de outros materiais disponíveis no mercado. A fluidez do CAA permite que ele se espalhe e preencha completamente as formas ou estruturas, mesmo em locais de difícil acesso ou com alta densidade de armaduras. Isso facilita o processo de concretagem, o que reduz a necessidade de vibração e eliminação de vazios, economizando tempo e mão de obra.

A norma também afirma que o processo de transporte do concreto é um ponto que precisa ser acompanhado e verificado junto ao fornecedor que deverá respeitar os prazos desde o início da mistura até a entrega no canteiro de obras, não deve exceder 90 minutos. A dosagem final do concreto pode ser feita em canteiro de

obras se adicionarem superplastificante ao concreto automotivo compressível (ABNT, 2012).

Figura 8 – Lançamento do concreto



Fonte: o autor (2023).

O FCK (Resistência Característica do Concreto à Compressão) é de fato um parâmetro fundamental na resistência mecânica de uma estrutura de concreto armado. Ele representa a resistência esperada do concreto à compressão e é especificado pelo responsável técnico do projeto estrutural com base nas exigências de carga e segurança da estrutura.

É importante garantir que o valor do fck do concreto utilizado na construção atenda ou supere o valor de projeto. Caso contrário, se o valor do fck for menor do que o especificado e não forem tomadas as devidas medidas de segurança como reforço da estrutura, podem ocorrer problemas estruturais que podem levar ao colapso da construção. Quanto maior for a diferença entre os valores do fck de projeto e do concreto utilizado, pior serão as consequências, pois a resistência estrutural será comprometida.

3.5 Mão de obra

Essa é uma das características básicas na construção de paredes de concreto com qualidade. Por isso, é importante ressaltar que a produtividade da mão de obra é potencializada pelo treinamento direcionado ao sistema de paredes in loco (Tecnosil, 2019).

Esses profissionais gabaritados são operários multifuncionais que atuam como montadores especializados. Eles, invariavelmente, executam todas as tarefas necessárias, tais como: armação, instalações elétricas e hidráulicas, montagem das formas, concretagem e desforma (Tecnosil, 2019).

Tanto os defeitos construtivos, como os defeitos de projetos podem ser atribuídos a falha humana. Isso geralmente ocorre quando há baixa qualidade de mão de obra. A qualidade de mão de obra desempenha um papel muito importante na execução adequada dos projetos de construção. Algumas das principais falhas que ocorrem podem levar às patologias na execução, como as falhas de concretagem e os erros durante o processo de concretagem (a dosagem inadequada, falta de adensamento adequado, entre outros). A utilização incorreta das escoras e formas pode resultar em deformações, fissuras e até mesmo o colapso da estrutura.

A deficiência nas armaduras causa problemas relacionados à colocação, posicionamento e o cobrimento inadequado das armaduras podem comprometer a resistência e durabilidade da estrutura.

A falta de um sistema eficiente de controle de qualidade durante a execução da obra pode resultar em erros não detectados, falhas de procedimentos e falta de conformidade com as normas e especificações técnicas. Para evitar essas falhas e garantir a qualidade na execução da obra, é fundamental investir em mão de obra qualificada, fornecer treinamento adequado, seguir as normas técnicas e adotar práticas de controle de qualidade eficientes. Além disso, a supervisão técnica durante a execução da obra também é essencial para identificar e corrigir possíveis problemas antes que se tornem patologias mais graves.

3.6 Desforma

A retirada das estruturas provisórias, como escoramentos e formas, deve ser realizada de forma cuidadosa e planejada. Primeiramente, deve-se levar em consideração a resistência do concreto atingida após o resultado do rompimento de corpo de prova ser maior ou igual ao especificado em projeto nas idades específicas. É necessário que a resistência precisa ser atingida para que possa suportar as cargas e tensões que será submetido após a remoção das escoras.

Na desmontagem feita in loco, os painéis devem ser posicionados em um local para ser executada a limpeza. É necessário limpar completamente as formas metálicas, removendo a película de argamassa (cimento, água e areia) aderida ao molde. Essa execução precisa ser feita com cuidado para garantir a vida útil das formas.

Após a conclusão da fase de concretagem e decorrido o prazo especificado em projeto, será testada a resistência do concreto endurecido na idade especificada (através da realização de ensaios de ruptura em corpos de prova de compressão) e se acordado. Já as fôrmas deverão ser removidas para início e após montá-las para o próximo uso (ABCP *et al.*, 2013). Segundo Misurelli e Massuda (2009), essa remoção deve ser feita para evitar fissuras no concreto, ou seja, o menor impacto na estrutura.

Figura 9 – Desforma



Fonte: O autor (2023).

3.7 Acabamento

A grande redução da espessura das camadas de revestimento é uma das principais características do sistema construtivo de paredes de concreto. Não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento, sendo exigido apenas o cumprimento das especificações do fornecedor do material. É recomendável apenas que o acabamento seja iniciado após cura úmida da parede (Misurelli; Massuda, 2009). Recomenda-se que o acabamento do revestimento seja realizado após a cura úmida da parede de concreto.

A cura úmida é um processo que consiste em manter a parede úmida por um determinado período de tempo para garantir a adequada hidratação do concreto e o desenvolvimento de suas propriedades. A figura ilustra o acabamento da parede de concreto logo após a reforma.

É preciso concluir o processo de construção de estruturas de paredes de concreto vazadas no lugar, as folgas deixadas pelos parafusos (corbatas) a eles correspondentes e o invólucro protetor (“camisinhas”) feito de argamassa de cimento e areia (Silva, 2010) e, além disso, remover rebarbas nas superfícies das paredes, tanto internas, como externas. Dessa forma, a estrutura da parede de concreto fica concluída e pronta para iniciar a construção, revestimento, instalação de moldura, impermeabilização, e assim, todos os outros processos de construção para concluir o projeto.

Figura 10 – Acabamento da parede de concreto



Fonte: O autor (2023).

A correta execução das formas e o adequado lançamento do concreto são fundamentais para obter um bom acabamento do concreto após a desforma das paredes e lajes. A qualidade do acabamento está diretamente relacionada ao processo de concretagem realizado de acordo com os padrões estabelecidos.

A utilização de formas adequadas e bem montadas é essencial para garantir a forma desejada da estrutura e evitar deformações indesejadas no concreto. As formas devem ser dimensionadas corretamente, respeitando as especificações do projeto e devem ser devidamente fixadas e niveladas para garantir a estabilidade durante o lançamento do concreto.

O lançamento do concreto deve ser realizado de forma controlada e uniforme, evitando segregação dos materiais e garantindo a completa preenchimento das formas. O uso de vibradores pode ser necessário para auxiliar na compactação do concreto, eliminando vazios e garantindo uma melhor aderência entre o concreto e as armaduras. Além disso, é importante seguir as recomendações do projeto em

relação ao tipo de concreto a ser utilizado, sua consistência e tempo de cura.

A dosagem correta dos materiais e a execução adequada das etapas de mistura, transporte e lançamento são essenciais para obter um concreto com as propriedades desejadas e facilitar o acabamento posterior. Dessa forma, ao seguir os padrões estabelecidos para a execução das formas e o lançamento do concreto, é possível obter uma superfície lisa e uniforme, facilitando o processo de desforma e possibilitando um bom acabamento final da estrutura.

4 O SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO APLICADO A CONJUNTOS HABITACIONAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Segundo a Data SEBRAE (2016), cerca de 26,7 milhões de famílias brasileiras estavam cadastradas no CadÚnico. O CadÚnico é um instrumento do governo federal utilizado para identificar e caracterizar as famílias de baixa renda (renda mensal de meio salário mínimo per capita).

Em parceria realizada pela Fundação João Pinheiro, Ministério das Cidades, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), foram divulgados, em 2015, dados sobre o déficit habitacional brasileiro. Os dados, compilados na Tabela 2, mostram que no Brasil temos um déficit de cerca de 6,2 milhões de residências.

Ainda, cerca de 83,9% do déficit habitacional brasileiro está concentrado em famílias com renda mensal de até 3 salários mínimos e 93,6% em famílias com renda mensal de até 5 salários mínimos.

Tabela 1 - Déficit habitacional no Brasil

Especificação	Déficit habitacional				
	Total absoluto	Componentes			
		Precários	Coabitação	Ônus	Adensamento
Região Norte	627.376	156.875	253.814	179.586	37.101
Rondônia	48.906	15.402	7.297	22.966	3.241
Acre	26.567	1.926	16.232	7.183	1.226
Amazonas	147.860	18.227	71.702	44.911	13.020
Roraima	21.877	5.162	6.181	8.674	1.860
Pará	306.553	98.607	126.577	68.239	13.130
<i>RM Belém</i>	99.620	2.241	62.379	30.114	4.886
Amapá	28.955	2.103	17.654	7.369	1.839
Tocantins	46.658	15.448	8.171	20.254	2.785
Região Nordeste	1.924.333	492.789	619.768	754.200	57.576
Maranhão	388.898	241.278	89.742	52.615	5.263
Piauí	93.907	23.076	50.570	17.448	2.814
Ceará	300.752	71.798	72.100	142.449	14.405
<i>RM Fortaleza</i>	141.969	11.674	37.236	85.985	7.074
Rio Grande do Norte	113.308	9.890	44.084	52.270	7.064
Paraíba	117.495	11.637	41.862	62.057	1.939
Pernambuco	286.890	33.857	77.401	163.158	12.474
<i>RM Recife</i>	130.590	3.854	41.115	83.145	2.476
Alagoas	95.342	12.583	31.792	47.192	3.775
Sergipe	75.860	6.599	27.829	38.866	2.566
Bahia	451.881	82.072	184.388	178.145	7.276
<i>RM Salvador</i>	133.324	6.047	50.004	73.913	3.360
Região Sudeste	2.430.336	109.292	599.895	1.540.013	181.136
Minas Gerais	552.046	16.925	189.132	331.436	14.553
<i>RM Belo Horizonte</i>	153.069	4.537	56.502	88.317	3.713
Espirito Santo	103.631	6.595	20.270	70.168	6.598
Rio de Janeiro	468.292	12.820	96.937	326.049	32.486
<i>RM Rio de Janeiro</i>	351.443	9.531	82.705	229.352	29.855
São Paulo	1.306.367	72.952	293.556	812.360	127.499
<i>RM São Paulo</i>	623.653	24.734	135.485	379.559	83.875
Região Sul	697.636	117.610	157.854	410.451	11.721
Paraná	276.709	35.515	51.061	183.124	7.009
<i>RM Curitiba</i>	69.754	12.005	10.684	46.104	961
Santa Catarina	184.623	45.142	26.983	111.782	716
Rio Grande do Sul	236.304	36.953	79.810	115.545	3.996
<i>RM Porto Alegre</i>	93.678	15.680	27.424	48.046	2.528
Região Centro-Oeste	506.822	48.246	126.485	304.809	27.282
Mato Grosso do Sul	85.788	9.280	32.763	39.767	3.978
Mato Grosso	85.167	10.074	17.736	48.161	9.196
Goiás	204.876	25.320	43.014	127.952	8.590
Distrito Federal	130.992	3.572	32.973	88.929	5.518
BRASIL	6.186.503	924.812	1.757.816	3.189.059	314.816
<i>Total das RMs</i>	1.797.098	90.303	503.532	1.064.535	138.728
<i>Demais áreas</i>	4.389.405	834.509	1.254.284	2.124.524	176.088

Fonte: CBIC Dados (2015).

Junto com programas sociais como o programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, o sistema construtivo industrializado está ajudando a reduzir o déficit habitacional que afeta muitas famílias de baixa renda no Brasil. Os sistemas de paredes de concreto moldado no local com fôrmas metálicas proporcionam moradias de qualidade com custos e tempo de construção significativamente reduzida, aumentando assim, a oferta habitacional para essas famílias.

4.1 Programa Minha Casa Minha Vida

Criado em 2009, o programa Minha Casa Minha Vida foi criado para facilitar o acesso às moradias limpas para famílias brasileiras de baixa renda. É uma iniciativa do governo federal para reduzir a escassez de habitação no país e melhorar as condições de vida da população. A Caixa Econômica Federal desempenha um papel importante na implementação do programa, pois é a principal agência financeira responsável pela gestão dos recursos financeiros e subsídios concedidos pelo MCMV.

O principal objetivo do programa é facilitar o acesso à moradia digna para famílias de baixa renda, reduzindo o déficit habitacional no Brasil e promovendo o desenvolvimento urbano sustentável.

- Subsídios: O MCMV oferece subsídios financeiros para ajudar as famílias a adquirir sua própria moradia. Esses subsídios são direcionados principalmente para famílias com renda mensal limitada, tornando a compra da casa própria mais acessível.
- Faixas de Renda: O programa é dividido em diferentes faixas de renda, atendendo desde famílias com renda muito baixa até famílias com renda um pouco mais alta. Isso permite que um espectro mais amplo de pessoas seja beneficiado.
- Parcerias Público-Privadas: O MCMV envolve parcerias com empresas privadas do setor imobiliário para construir unidades habitacionais. Isso estimula o mercado imobiliário e ajuda a criar empregos.
- Gestão pela Caixa Econômica Federal: A Caixa Econômica Federal é a principal instituição financeira responsável pela gestão dos recursos financeiros e pela concessão de financiamentos aos beneficiários do programa. A instituição desempenha um papel crucial na execução do MCMV.
- Benefícios Sociais: Além de proporcionar moradia, o programa também contribui para o desenvolvimento de comunidades, fornecendo infraestrutura e serviços públicos nas áreas onde os projetos habitacionais são implementados.

- **Sustentabilidade Urbana:** O MCMV também enfoca a promoção do desenvolvimento urbano sustentável, incentivando a construção de unidades habitacionais próximas a serviços, transporte público e empregos.
- **Resultados:** Desde a sua criação, o programa Minha Casa Minha Vida tem ajudado milhões de famílias brasileiras a conquistar a casa própria e reduziu significativamente o déficit habitacional no país.

4.2 Habitações do Programa Minha Casa Minha Vida construídas com paredes de concreto moldadas in loco

Esse sistema construtivo, que envolve a utilização de paredes de concreto moldado no local, parece ser uma alternativa promissora para atender às necessidades habitacionais, especialmente tendo em vista o programa Minha Casa Minha Vida do Brasil.

Este sistema é benéfico por vários motivos. O sistema aparece gradativamente cada vez mais em conjuntos residenciais da cidade. Esse programa, tendo suas vantagens e desvantagens, está se tornando cada vez mais claro para a indústria da construção.

Atualmente, a utilização do método para novas construções do programa Minha Casa Minha Vida já chega a 52% das obras financiadas pelo governo, sendo que em 2014 representava 36% (Santos, 2016). Isso demonstra a crescente aderência do mercado ao método construtivo.

As exigências quanto à qualidade do produto são, como deveriam, altas e acompanhadas de perto pelos órgãos reguladores do programa e financiadores. Por se tratarem de empreendimentos de baixo padrão, cria-se a falsa impressão de que a qualidade da execução e dos materiais pode ser relativizada com maior facilidade. Porém, isso não deveria ocorrer e o controle do processo deve ser rigoroso e evitar ao máximo a quantidade de retrabalho.

5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

A patologia do concreto armado é uma área de estudo da engenharia civil que se dedica a investigar os sintomas, causas e soluções relacionadas aos problemas e defeitos que podem afetar as estruturas do concreto armado. A patologia do concreto armado busca compreender as manifestações de deterioração que ocorrem nas estruturas, como fissuras, delaminações, corrosão das armaduras, deslocamentos, entre outros.

Patologia é a ciência que estuda a origem, os mecanismos, os sintomas e a natureza das doenças. O termo provém das palavras gregas *pathos* (sofrimento, doença) e *logia* (ciência, estudo), cujo significado é “estudo das doenças” (Bolina; Tutikian; Helene, 2019).

O termo patologia, no contexto da Construção Civil, está alinhado com a definição encontrada na Medicina, na qual estudam-se as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venha prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (Gonçalves, 2015).

Degussa (2008) entende patologia como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, e à terapia, cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural (Gonçalves *apud* Degussa, 2015).

Para Helene (1988), o laudo de uma manifestação patológica deve ser executado de uma forma que se consiga abranger diversos aspectos do problema apresentando no sistema estudado.

A indústria da construção tem desempenhado um papel essencial na sociedade ao longo dos séculos, à medida que as comunidades se desenvolvem e as demandas por moradia, transporte e infraestrutura crescem.

Nas antigas construções, a alvenaria estrutural utilizava paredes espessas para proporcionar maior resistência e longevidade às estruturas. Porém, isso não

isentava as construções de apresentar falhas nas estruturas que ocasionaram em patologias.

A construção civil é um setor complexo e envolve muitos processos interconectados, que levam aos vários erros e falhas, desde a concepção de projetos até a qualidade do material escolhido para o empreendimento, o que muitas vezes são escolhidos somente pelo menor preço e é esquecido a qualidade e as falhas na execução de serviço. Estas têm sido muito comuns, pois falta a fiscalização para garantir que o processo seja executado conforme o padrão. Segundo Picchi (1993), do custo total da obra, 5% são destinados para reparos em obras já entregues aos clientes.

Com dados levantados em 2015, o Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (CGU) divulgou, em 2017, os resultados da avaliação de execução do Programa Minha Casa Minha Vida. Da amostra de 1,4 mil habitações em 70 empreendimentos de diversas regiões do Brasil, 56,4% dos imóveis apresentavam defeitos de construção.

A prevenção desses defeitos pode ser alcançada por meio da execução adequada dos procedimentos de construção estabelecidos nas normas e regulamentações brasileiras. Os exemplos a seguir podem ser considerados como indícios de problemas na realização e construção das estruturas de concreto, que podem resultar em futuras anomalias no sistema.

5.1 Manifestação De Trincas E Fissuras

Pode-se considerar que a fissuração é a patologia mais comum nas estruturas, sendo as que mais incomodam seus proprietários pelo fato de serem facilmente percebidas a olho nu.

Segundo Gonçalves (2015), fissuras são pequenas aberturas em estruturas que criam condições favoráveis à penetração e atuação dos agressores, e podem danificar as características físicas do edifício, ou até mesmo a resistência para a qual foi projetado.

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos

usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras (ABNT, 2014, p. 97).

Apesar de muitas vezes inofensivas, devemos nos atentar à presença de fissuras nas estruturas, pois as mesmas podem ser evitadas com planejamento correto e realização periódica de medidas preventivas. Além disso, é necessário ressaltar que as fissuras podem aparecer em inúmeras estruturas, tais como pilares, lajes, vigas e alvenarias.

Locais com sistemas embutidos nas paredes (eletrodutos, caixas elétricas, etc.) devem ter seus espaçadores bem posicionados, a fim de evitar regiões sem o devido cobrimento de concreto, já que podem ocasionar fissuras paralelas a esses sistemas. Essas fissuras, por mais que não representem perigos estruturais à parede, são regiões que podem ocasionar carbonatação e consequente despassivação da armadura do sistema.

5.2 Juntas frias de concretagem não previstas

As juntas frias de concretagem ocorrem quando o lançamento do concreto é interrompido e o material já lançado começa a endurecer antes que o lançamento seja retomado. Quando essa situação não está prevista no projeto pode resultar em sérios problemas para a integridade da estrutura de concreto. É crucial garantir uma aderência adequada entre o concreto recém-lançado e o já existente para evitar tais problemas, como destacado por Medeiros (2010).

Para garantir a aderência adequada entre o concreto existente e o novo, é necessário realizar um tratamento da superfície do concreto já existente, seguindo os seguintes procedimentos, conforme orientado por Medeiros (2010):

- **Tratamento da Superfície:** Isso envolve a preparação da superfície do concreto existente por meio de uma das seguintes técnicas:
- Apicoamento: utilização de ferramentas para criar uma superfície rugosa e áspera;
- Escovação com Escova de Aço: uso de escovas de aço para remover impurezas e criar rugosidade na superfície;

- Jateamento de areia: o uso de jato de areia para limpeza e rugosidade da superfície. Outros processos que proporcionem a formação de uma superfície de aderência;
- Limpeza: após o tratamento da superfície, é essencial realizar uma limpeza minuciosa para remover quaisquer materiais soltos, poeira, nata de cimento ou resíduos que possam prejudicar a aderência;
- Adensamento Cuidadoso: na região onde o novo concreto se encontrará com o concreto existente, é importante garantir um adensamento cuidadoso para promover uma ligação sólida entre as duas camadas e
- Uso de Adesivos Estruturais: em alguns casos, é possível empregar adesivos estruturais na superfície do concreto existente onde ocorrerá o encontro com o novo concreto. Esses adesivos ajudam a fortalecer a aderência entre as camadas. Essas práticas são essenciais para assegurar que não ocorram problemas de descolamento ou falta de aderência entre o concreto existente e o novo, o que poderia comprometer a integridade da estrutura de concreto.

No contexto das paredes de concreto, é comum adotar a prática de lixamento ou escovação com escova de aço na superfície da laje, especialmente no perímetro das paredes.

5.3 Vazios e nichos de concretagem

Os vazios, também conhecidos como bicheiras, podem representar uma ameaça à durabilidade e resistência do concreto. É fundamental abordar esses vazios de maneira adequada para manter a integridade da estrutura. Simplesmente cobrir esses vazios com argamassa não é suficiente, pois isso pode apenas disfarçar o problema temporariamente, sem resolver as questões subjacentes. A abordagem adequada envolve preencher completamente esses vazios, utilizando graute ou concreto, dependendo do tamanho do vazio, conforme destacado por Figuerola (2006). O uso de concreto autoadensável pode ser uma estratégia eficaz na eliminação de vazios ou bicheiros nas estruturas de concreto (Figuerola, 2006).

O concreto autoadensável é uma variante do concreto convencional que possui uma característica distintiva: ele é projetado para fluir facilmente e se auto adensar sob ação da gravidade, preenchendo os espaços vazios e garantindo uma distribuição

homogênea em moldes complexos, como formas estreitas ou com muitas armaduras.

5.4 Causas das manifestações patológicas durante a execução

Segundo Takata (2009), 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 das fôrmas, deficiências nas armaduras e erros na concretagem.

5.4.1 Fôrmas e escoramentos

Defeitos nas fôrmas e/ou escoramentos da estrutura podem ocasionar diversos efeitos indesejáveis. Segundo Cánovas (1988 *apud* Takata, 2009, p. 92), alguns destes efeitos podem ser:

1. Vazios ou nichos (bicheiras), devido à segregação ou fuga de nata por meio das juntas da fôrma;
2. Destacamentos do concreto por aderência à forma;
3. Deficiência no alinhamento por movimento das fôrmas (mau escoramento);
4. Deformação da forma pela carga do concreto fresco e
5. 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 tratamento incorreto que pode causar desalinhamento e falta de prumo das paredes de concreto. Segundo ABCP *et al.* (2008, p. 82), 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.”

5.4.2 Deficiências na armadura

As armaduras exercem um importante papel no comportamento estrutural das paredes de concreto. Equívocos e falhas de execução na colocação da armadura podem acarretar em problemas sérios para a estrutura, além de manifestações patológicas que causam desconforto ao usuário. A má interpretação do projeto, com

o posicionamento incorreto da armadura, pode ocasionar zonas com insuficiência de armadura, que comprometem a capacidade de resistência da peça. As emendas entre as armaduras e o cobrimento de concreto são de extrema importância para a não aparição de patologias relacionadas às armaduras (Takata, 2009).

O uso de espaçadores deve obedecer ao projeto disponibilizado. Para o caso das paredes de concreto, a correta utilização dos espaçadores nas paredes garante que a armadura ficará posicionada exatamente no eixo da parede. Como os sistemas de distribuição de rede elétrica e, eventualmente de rede hidráulica, estão embutidos nas paredes de concreto, estes são fixados na malha de aço das paredes e é essencial que esses sistemas não fiquem aparentes. Também por esse motivo, torna-se necessário que as malhas de aço não se movam, salientando a importância da correta utilização dos espaçadores e fixadores.

5.4.3 Falhas na concretagem

Segundo Takata (2009, p. 104), “a maioria dos defeitos e deficiências do concreto correspondem às suas etapas de construção e endurecimento”. Ou seja, cuidados especiais devem ser tomados na concretagem e posterior endurecimento do concreto para evitar manifestações patológicas.

Na concretagem devem ser tomados cuidados especiais quando a altura de concretagem for superior a 2 metros (ABNT, 2012). Isso pode causar segregação do concreto e pragas de insetos. Com relação ao adensamento do concreto, a correta vibração faz com que o concreto se acomode de maneira uniforme em todos os espaços da peça. Dessa maneira, evita-se segregações no interior do concreto e expulsa-se as bolhas de ar incorporadas no lançamento (Takata, 2009).

Após o lançamento do concreto, deve ser realizada a cura do mesmo. Segundo Dias (1990 *apud* 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 ter um bom concreto é necessária uma boa manutenção.

A ABNT (2012) enfatiza que o endurecimento adequado das paredes de concreto ajuda a evitar a perda de água das superfícies dos ambientes, o que pode criar áreas altamente porosas e suscetíveis à intrusão e posterior entrada de agentes

nocivos, como também complementa Neville (2013).

6 ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Neste capítulo, foram utilizados dados obtidos de uma construtora presente em vários estados brasileiros. A construtora é especializada na construção de conjuntos residenciais do programa Minha Casa Minha Vida, utilizando o método de construção de paredes de concreto moldado no local por meio de fôrmas metálicas. A empresa está presente no município mineiro há cerca de 42 anos, mas somente a partir de 2010 que passou a aplicar exclusivamente o método de parede de concreto em seus projetos, com foco nos conjuntos residenciais Minha Casa Minha Vida.

A empresa demonstra forte aposta na padronização e industrialização de suas obras, que se concretizam nos canteiros de obras por meio da repetição e adaptação do layout das unidades e ilhas construídas. A aplicação de paredes de concreto moldado in loco contribui para esse processo, permitindo maior agilidade na construção dos projetos. A seguir, será apresentado o modelo construtivo da empresa, que é replicado com pequenos ajustes em diferentes áreas, em todos os projetos utilizando paredes de concreto moldado no local.

Serão descritos dois projetos que foram cedidos pela construtora Habite-se baseando-se em relatórios de apoio técnico consultados. Além disso, será discutido outro projeto que está em fase final de construção com o objetivo de compreender como as manifestações patológicas relacionadas ao uso de paredes de concreto afetam os futuros moradores da edificação e como.

Por fim, será apresentado um projeto em construção pela mesma empresa, no qual foram identificados defeitos de fabricação em duas torres cujas estruturas são recém-construídas.

6.1 Método de construção da empresa

As informações fornecidas foram obtidas através de referências, como os manuais técnicos e as entrevistas com engenheiros civis da empresa em questão. Além disso, informações adicionais foram obtidas durante uma visita técnica ao local para coletar dados sobre sintomas patológicos.

6.1.1 Fôrmas

É utilizado fôrma metálica modular, que é reaproveitada diariamente em diferentes locais de concreto. Essas formas são ocasionalmente reparadas conforme necessário e, quando as estruturas de concreto de um projeto são concluídas, elas são transferidas para o projeto seguinte. A espessura final das paredes é de 10 cm no interior e 12 cm no exterior.

6.1.2 Armaduras

As armaduras consistem em telas soldadas de aço CA-60 e são posicionadas com o auxílio de espaçadores para assegurar a centralidade das mesmas.

6.1.3 Concreto

O concreto utilizado é misturado em usina, não é auto adensável e as suas especificações são as seguintes:

- Resistência característica: 35 MPa aos 28 dias (do 1 ao 4 pavimento);
- Resistência característica: 30 MPa aos 28 dias (do 5 ao 7 pavimento);
- Resistência característica: 35 MPa aos 28 dias (do 8 ao 18 pavimento);
- Módulo de elasticidade: 24 GPa;
- Slump: 22 ± 3 cm e
- Aditivo: superplastificante.

6.1.4 Sistemas Embutidos

O sistema embutido nas paredes de concreto é o sistema elétrico, e para isso, são empregados eletrodutos corrugados (cor laranja), caixas elétricas (cor azul) e quadros de distribuição (cor preta), todos feitos de PVC. A fixação desses elementos é realizada com fixadores que são amarrados à armadura, e espaçadores são utilizados para garantir a centralização dos eletrodutos e o espaçamento das caixas em relação à face oposta das paredes.

6.1.5 Concretagem

A concretagem é realizada em dias alternados na obra, seguindo um padrão de uma semana na segunda, quarta e sexta-feira, e na outra semana na terça e quinta-feira.

Quando o concreto é descarregado, são moldados sete corpos de prova por caminhão. Desses sete corpos de prova, três são submetidos à ruptura após 14 horas, dois após 7 dias e dois após 28 dias. Para cada ciclo de concretagem, um corpo de prova adicional é moldado e submetido à ruptura aos 28 dias para determinar o módulo de elasticidade. No caso em que, após 14 horas, o ensaio confirma que o concreto atingiu uma resistência de 3 MPa ou superior, procede-se com a desforma e, em seguida, realiza-se a montagem das fôrmas para a próxima concretagem.

A cada ciclo de concretagem, são moldadas duas unidades habitacionais. De acordo com o layout das torres, representado na Figura 17, cada pavimento possui 8 apartamentos. A torre tem um total de 18 pavimentos. Para cada pavimento, há dois lados de concretagem: o lado A e o lado B, separados por uma junta de dilatação. Seguindo esse ritmo, a estrutura de uma torre é erguida em aproximadamente 4 meses. O lado A é composto pelos apartamentos de número 1, 2, 3 e 4. Em média, esse lado consome 63 m³ de concreto a cada ciclo de concretagem. O lado B é formado pelos apartamentos de número 5, 6, 7 e 8, bem como pelo hall e escada. Esse lado consome em média 64 m³ de concreto por ciclo de concretagem.

Figura 11 – Pavimento Tipo e Layout das unidades padrão dos empreendimentos estudados



Fonte: Construtora Pesquisada (2023).

6.1.6 Revestimentos das paredes

6.1.6.1 Interno

Os revestimentos internos das paredes consistem em apenas três tipos. Placas cerâmicas são usadas para revestir os banheiros, parte da cozinha e a área de serviço, enquanto os quartos recebem pisos laminados. Para as demais áreas do apartamento, um processo de revestimento é realizado, que envolve a aplicação de selador, massa, textura e posterior pintura. As placas cerâmicas são fixadas com argamassa de assentamento, diretamente no concreto, sem preparação prévia da superfície da parede. As paredes que serão pintadas passam por um processo de preparação que inclui a aplicação de um fundo preparador, feito com argamassa branca, para aumentar a coesão das partículas. Após essa etapa, é utilizada uma argamassa projetada com mineralite branco para criar a textura desejada nas paredes internas. Por fim, as paredes são pintadas com duas demãos de tinta látex.

6.1.6.2 Externo

Para o revestimento das paredes externas da torre, inicia-se com a aplicação de um fundo selador acrílico branco, seguido pela aplicação de uma textura acrílica pigmentada, feita com o auxílio de um rolo.

6.2 Empreendimentos entregues

A empresa conta com a assistência técnica, responsável por receber os empreendimentos antes da entrega e por atender às reclamações e solicitações de reparos dos usuários finais durante o período de garantia, o qual abrange um período de 5 anos a partir do recebimento pelo condomínio, foram fornecidos os relatórios de ocorrências de 2 empreendimentos entregues pela construtora.

Esses relatórios analisam eventos e necessidades de reparo em 11 categorias, são eles:

1. Alvenaria estrutural: fissuras e fissuras na alvenaria estrutural são utilizadas para construção de um anexo de copropriedade, não relacionado com

investigação estrutural;

2. Equipamentos: operação de sistemas de intercomunicação, portões de entrada, etc e
3. Esquadrias: dividida em 2 tipos: alumínio (janelas) e madeira (porta), alguns desses eventos podem ser devido à má implementação de aberturas de janelas, especialmente no caso de penetração na moldura oposta, e considerados relevantes para paredes de concreto. A Figura 12 mostra casos onde a penetração ocorreu devido a defeitos na execução das aberturas da esquadria, devido ao aparecimento de fissuras causadas pela heterogeneidade de concreto ou forma irregular da lacuna, associada à junta quebrada na posição da esquadria.

Figura 12 – Infiltração na esquadria da sala



Fonte: Acervo da construtora (2023).

4. Estrutura vertical: refere-se às ocorrências de trincas e fissuras na estrutura das paredes. A Figura 13 ilustra uma fissura em um dos dormitórios, que se origina a partir da abertura de uma caixa elétrica, posicionada logo abaixo.

Figura 13 – Fissura na parede partindo da caixa elétrica



Fonte: Acervo da construtora (2023).

5. Estrutura horizontal: trincas e fissuras na estrutura das lajes. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
6. Impermeabilização: relacionadas às falhas de execução da impermeabilização das áreas molhadas. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;
7. Instalações hidráulicas: vazamentos, entupimentos, mau funcionamento, defeitos nas louças e tubulações. Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto.
8. Instalações elétricas: em casos de eletrodutos obstruídos por entrada de nata de concreto, serão considerados como tendo relação com as paredes de concreto.

O revestimento da parede, o descolamento, as manchas ou o emboloramento dos revestimentos das paredes serão contabilizados como tendo relação com as paredes de concreto.

Na Figura 14 pode ser visto o descolamento do revestimento cerâmico em uma das

unidades, que pode ser ocasionado pela falta de aderência entre o concreto e o produto utilizado para fixação das cerâmicas.

Figura 14 – Deslocamento cerâmico na parede



Fonte: Acervo da construtora (2023).

10. Revestimento do teto: Não serão contabilizadas como tendo relação com as paredes de concreto;

11. Revestimento piso: descolamento, manchas ou emboloramento dos revestimentos dos pisos. Serão contabilizados como tendo relação com as paredes de concreto.

Na Figura 15 pode ser visto o descolamento do revestimento cerâmico em uma das unidades, que pode ser ocasionado pela falta de aderência entre o concreto e o produto utilizado para fixação das cerâmicas.

Figura 15 – Deslocamento cerâmico no piso



Fonte: Acervo da construtora (2023).

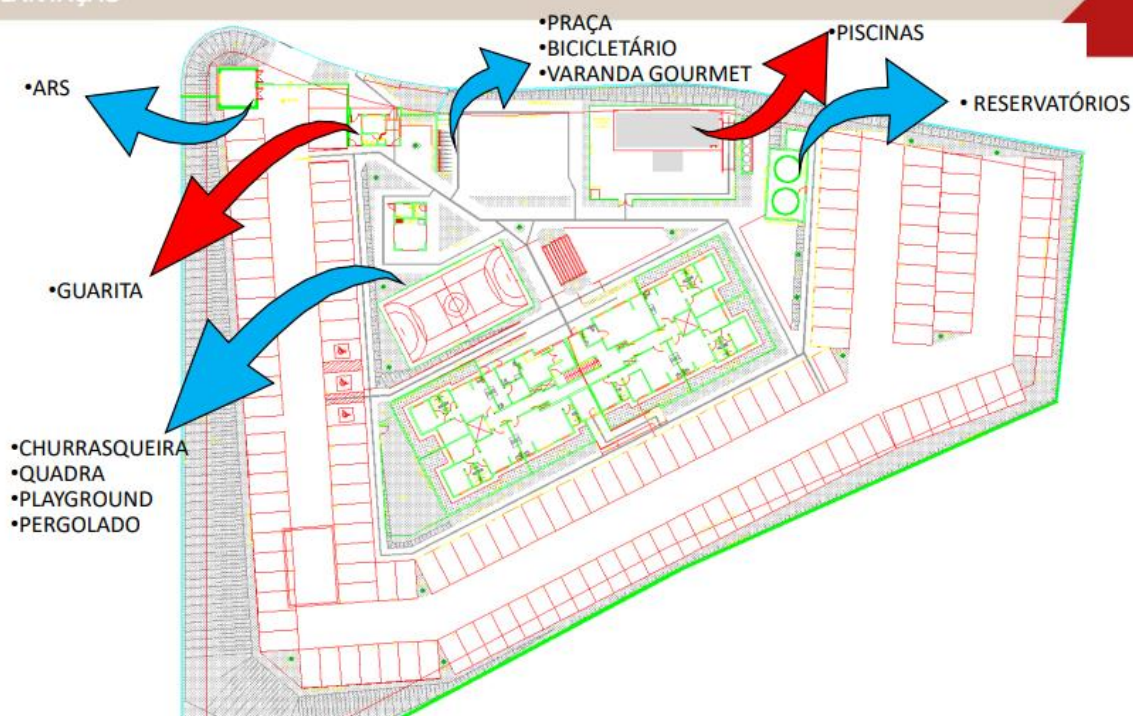
O panorama apresentado mostra a frequência de acidentes relacionados às paredes de concreto no empreendimento. A obra em que foi realizado o levantamento das falhas de execução, será mostrada mais adiante neste trabalho. Atendendo à uma solicitação da empresa de preservar a confidencialidade dos condomínios em questão, utilizaremos nomes fictícios que fazem alusão a eles.

6.3 Empreendimento Reserva Nascente

O empreendimento Reserva Nascente está localizado na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. Tem sua implantação representada na Figura 16 e 17. São 142 unidades divididas em 1 torre.

Figura 16 – Implantação do Empreendimento Reserva Nascente

IMAGENS E PROJETOS
IMPLANTAÇÃO



Fonte: Acervo da construtora (2023).

Figura 17 – Implantação do Empreendimento Reserva Nascente



Fonte: Acervo da construtora (2023).

A Tabela 2 apresenta um resumo da ocorrência dos problemas estruturais identificados nas paredes de concreto do empreendimento, conforme informações disponibilizadas pela equipe responsável.

Tabela 2 – Incidência de patologias empreendimento da empresa Reserva Nascente



Fonte: Acervo da construtora (2023).

Na Tabela 3 vemos a incidência das manifestações patológicas do empreendimento.

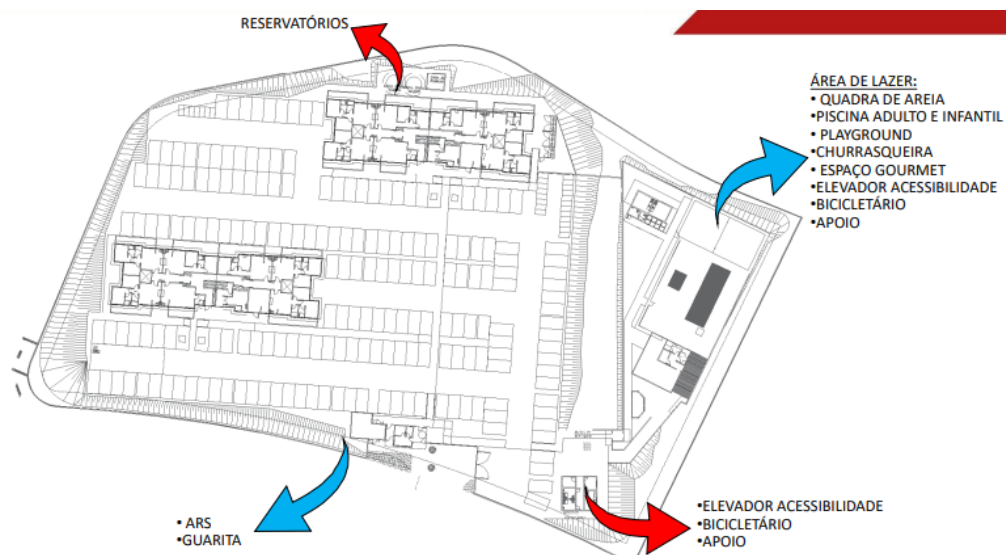
Tabela 3 – Incidência de patologias empreendimento da empresa Reserva Nascente

Empreendimento - Reserva Nascente		
Nº DE UNIDADES		142
Nº DE UNIDADES ENTREGUES		130
ITEM	OCORRÊNCIAS	Nº
1	Alvenaria Estrutural	3
2	Equipamentos	32
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	5
3.2	Defeito vão	34
4	Estrutura Vertical	11
5	Estrutura Horizontal	3
6	Impermeabilização	7
7	Instalações hidráulicas	26
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos Eletrodutos	0
8.2	Defeitos elétricos	67
9	Revestimento piso	8
10	Revestimento parede	5
11	Telhados	0
Total		201
Total com relação paredes de concreto		58
		28,57%

Fonte: o autor (2023).

6.4 Empreendimento 2: Coari

O empreendimento subsequente, conhecido como "Coari", está situado adjacente ao empreendimento anterior, o "Reserva Nascente", na zona norte de Belo Horizonte, especificamente no bairro Mantiqueira. Assim como o Reserva Nascente, o Coari é composto por 240 unidades habitacionais distribuídas em duas torres, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 – Implantação do Empreendimento 2: Coari

Fonte: Acervo da construtora (2023).

A Tabela 4 apresenta as taxas de incidência das ocorrências observadas pela equipe de assistência técnica no empreendimento.

Tabela 4 - Taxas de incidência: Coari

Empreendimento - COARI		
Nº DE UNIDADES		240
Nº DE UNIDADES ENTREGUES		240
ITEM	OCORRÊNCIAS	Nº
1	Alvenaria Estrutural	2
2	Equipamentos	27
3	Esquadrias	
3.1	Defeitos esquadria	9
3.2	Defeito vão	1
4	Estrutura Vertical	10
5	Estrutura Horizontal	15
6	Impermeabilização	3
7	Instalações hidráulicas	30
8	Instalações elétricas	
8.1	Defeitos Eletrodutos	3
8.2	Defeitos elétricos	43
9	Revestimento piso	3
10	Revestimento parede	5
11	Telhados	2
Total		153
Total com relação paredes de concreto		22
		14,37%

Fonte: o autor (2023).

6.5 Resultados

A Tabela 5 apresenta a soma das ocorrências relacionadas aos empreendimentos previamente mencionados, consolidando o total de manifestações de patologias associadas às paredes de concreto. Nota-se que pelo menos 22% das manifestações patológicas (um total de 80 em 354), comunicadas pelos residentes, estão vinculadas às paredes de concreto das edificações. Essa composição se desdobra da seguinte maneira (percentagens em relação ao número total de manifestações associadas às paredes de concreto):

- 35 (43,75%) foram referentes aos defeitos nos vãos das esquadrias, ocasionando infiltrações;
- 21 (26,25%) foram por defeitos na estrutura das paredes, ou seja, fissuras,

- defeitos geométricos ou outros defeitos visíveis na estrutura vertical;
- 3 (apenas 3,75%) são de eletrodutos entupidos e mau funcionamento da rede elétrica devido à entrada de nata de concreto nos mesmos;
 - 10 (12,50%) referentes a defeitos nos revestimentos das paredes, como descolamento das placas cerâmicas ou destacamento da textura de revestimento e
 - 11 (13,75%) referentes a defeitos nos revestimentos dos pisos, como descolamento das placas cerâmicas.

Tabela 5 – Resultados consolidados das manifestações patológicas

CONSOLIDADO			
Nº DE UNIDADES		382	
Nº DE UNIDADES ENTREGUES		370	
ITEM	OCORRÊNCIAS	Nº	
1	Alvenaria Estrutural	5	
2	Equipamentos	59	
3	Esquadrias		
3.1	Defeitos esquadria	14	
3.2	Defeito vão	35	43,75%
4	Estrutura Vertical	21	26,25%
5	Estrutura Horizontal	18	
6	Impermeabilização	10	
7	Instalações hidráulicas	56	
8	Instalações elétricas		
8.1	Defeitos Eletrodutos	3	3,75%
8.2	Defeitos elétricos	43	
9	Revestimento piso	11	13,75%
10	Revestimento parede	10	12,50%
11	Telhados	2	
Total		287	
Total com relação paredes de concreto		80	27,87%

Fonte: o autor (2023).

6.6 Falhas de execução

Nessa etapa, serão abordados e solucionados os problemas de execução identificados no local de construção da construtora. A visita teve como finalidade investigar quais imperfeições no método construtivo em estudo foram responsáveis, direta ou indiretamente, pela intensificação das manifestações patológicas observadas na etapa anterior.

A identificação das falhas contou com a colaboração da equipe técnica da construtora e com a inspeção visual realizada pelo autor, que avaliou uma torre em construção e duas torres finalizadas do empreendimento anteriormente mencionado como “Reserva Nascente”. Essa etapa representa a segunda fase de execução desse empreendimento que contemplará mais 142 unidades distribuídas em uma única torre. A estrutura da torre analisada foi construída em um período de quatro meses, com um total de 36 concretagens. As visitas ocorreram durante a execução da torre e a inspeção foi realizada após a conclusão da mesma. No total, a amostragem incluiu 20 concretagens e 30 unidades habitacionais.

Primeiramente, serão apresentados os objetos examinados e acompanhados de imagens captadas pelo autor no local. Cada defeito identificado durante a construção da torre será então quantificado.

6.6 Identificação das falhas observadas

As principais falhas identificadas na obra foram inspecionadas em cada unidade habitacional da torre, as quais foram apresentadas anteriormente.

1. Fissuras 45°: Fissuras que se originam nos vãos das esquadrias, formando um ângulo de 45° em relação à horizontal, são geralmente causadas pela ausência ou pelo posicionamento inadequado da armadura de reforço ao redor desses vãos. Exemplo pode ser visto na Figura 19 abaixo.

Figura 19 – Fissura formando ângulo com abertura de porta



Fonte: O autor (2023).

2. Fissuras de 90°: Essas fissuras se manifestam entre o vão da janela e a abertura destinada à instalação do ar-condicionado, localizadas na sala das unidades habitacionais. Essa área, por ser mais suscetível, também é afetada pela ausência ou pelo posicionamento inadequado das armaduras de reforço.

Na Figura 20 pode ser visto um exemplo desse tipo de fissura.

Figura 20 – Fissura a 90° entre vão da janela e abertura



Fonte: O autor (2023).

3. Fissuras sem aberturas: São fissuras que surgem em locais das paredes onde não há aberturas próximas. Na construção analisada, essas fissuras são mais comuns nas paredes que exibem porosidade superficial, um problema que também foi identificado de forma independente. A origem dessas fissuras pode ser atribuída à inadequada cura do concreto e à exsudação do concreto através da superfície porosa. Na Figura 21 abaixo pode ser observado um exemplo.

Figura 21 – Fissura em parede sem abertura próxima



Fonte: O autor (2023).

4. Defeitos superficiais: Esses são identificados como porosidades que se manifestam na superfície das paredes, resultando em uma textura não uniforme no concreto e criando uma superfície áspera. Esses defeitos são geralmente causados pela baixa espessura da parede e pela altura do lançamento do concreto, tornando desafiada a realização de uma vibração adequada. Isso dificulta a eliminação eficaz de bolhas de ar da superfície do concreto.

Figura 22 – Parede com superfície porosa e áspera



Fonte: O autor (2023).

5. Falhas na concretagem na região das juntas das fôrmas são evidenciadas por segregação, a qual ocorre de forma independente, devido ao acúmulo de material na região das juntas das fôrmas. Esse problema é causado pela saída de nata de concreto devido a uma vedação inadequada das fôrmas. A Figura 23 abaixo ilustra um dos casos observados.

Figura 23 – Segregação no entorno da junta entre fôrmas



Fonte: O autor (2023).

6. Segregação: A segregação foi identificada separadamente em três categorias para destacar que a má vibração pode resultar em concreto segregado em diferentes áreas da estrutura, não se limitando apenas à parte mais baixa. Foram observadas segregações que ocorreram até 1,1 metro do piso (Figura 6), entre 1,3 e 2,0 metros do piso (Figura 24) e acima de 2,0 metros do piso (Figura 25).

Figura 24 – Segregação “A” até 1,10 metros do piso



Fonte: O autor (2023).

Figura 25 – Segregação “B” entre 1,3 e 2,0 metros do piso



Fonte: O autor (2023).

Figura 26 – Segregação “C” acima de 2,0 metros do piso



Fonte: O autor (2023).

7. Armadura exposta: se refere à armadura que fica visível na superfície da parede. Isso pode ocorrer devido ao posicionamento inadequado dos espaçadores ou ao excesso de vibração durante a concretagem, o que resulta no deslocamento da armadura, como exemplificado na Figura 27.

Figura 27 – Armadura exposta na superfície do concreto



Fonte: O autor (2023).

8. A falha de cobertura dos eletrodutos ocorre quando os eletrodutos ficam expostos na superfície do concreto. Essa situação é geralmente causada pelo posicionamento inadequado dos espaçadores ou pelo excesso de vibração durante a concretagem, o que desloca os eletrodutos e reduz a cobertura adequada. Um exemplo desse problema pode ser visto na Figura 28 abaixo.

Figura 28 – Eletroduto exposto na superfície do concreto



Fonte: O autor (2023).

9. As falhas de concretagem no contramarco de janelas: se referem aos problemas na aplicação do concreto abaixo do vão das janelas. Essas falhas ocorrem devido à dificuldade de compactação na região, uma vez que é um espaço confinado e inacessível ao mangote vibratório. O resultado é a formação de um concreto poroso e visivelmente não uniforme no local, como exemplificado na Figura 29.

Figura 29 – Problema na aplicação do concreto no contramarco da janela



Fonte: O autor (2023).

10. As juntas frias ocorrem quando a concretagem é interrompida de forma não planejada por um curto período de tempo, resultando no início da cura do concreto antes que a continuidade da aplicação seja feita.

Figura 30 – Juntas frias identificadas no projeto em análise



Fonte: O autor (2023).

11.A abertura entre as placas da forma metálica resulta em um defeito geométrico indesejado, afetando a espessura da parede e permitindo a fuga de nata de concreto. A Figura 33 ilustra um aumento na espessura da parede devido a essa abertura, enquanto a Figura 34 mostra o vazamento de nata de concreto causado pelo espaço entre as placas.

Figura 31 – Defeito na geometria resultante da separação entre as placas



Fonte: O autor (2023).

Figura 32 – Vazamento de nata de concreto devido à separação entre as placas



Fonte: O autor (2023).

7 RESULTADOS

Os resultados serão dispostos com base na estrutura de pavimentos e nos processos de concretagem. Inicialmente, na Tabela 12, são apresentadas as ocorrências de falhas identificadas nas concretagens da torre1. É notável que em todas as concretagens da torre 1, foram observados defeitos superficiais e falta de uniformidade de concreto, levando à formação de paredes porosas e ásperas.

Na avaliação da segregação de forma geral, constata-se que essa inadequação na execução está presente em todas as concretagens. Quando se analisa cada tipo de segregação separadamente, observa-se que os três tipos ocorrem em números significativos: em 80% das concretagens para o tipo “B” e em 90% das concretagens para os tipos “A” e “C”.

As aberturas entre as placas foram detectadas em 9 das 10 concretagens. Por outro lado, as falhas no recobrimento dos eletrodutos foram registradas em 8 das 10 concretagens. Além disso, entre os defeitos com uma incidência superior a 50%, identificou-se falhas na concretagem abaixo dos vãos das janelas em 8 dias das 10 concretagens.

Tabela 12 – Falhas de execução observadas nas concretagens da torre 1.

TORRE 1											
PAVIMENTO	1° (TÉRREO)		2°		3°		4°		5°		Incidência
CONCRETAGEM	1° (101 ao 104)	2° (105 ao 108)	1° (201 ao 204)	2° (205 ao 208)	1° (301 ao 304)	6° (305 ao 308)	1° (401 ao 404)	8° (405 ao 408)	1° (501 ao 504)	10° (505 ao 508)	
DEFEITO DE EXECUÇÃO											
Fissuras 45°										X	10%
Fissuras 90°	X										10%
Fissuras sem aberturas			X	X	X			X		X	40%
Defeitos superficiais (porosidade)	X	X	X	X		X	X	X	X	X	100%
Junta das fôrmas			X	X							20%
Segregação "A" (até 1,2m)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	90%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	X	X	X	X			X	X	X	X	80%
Segregação "C" (acima 2,0m)	X	X		X	X		X	X	X	X	90%
Armadura Exposta	X		X	X							20%
Falha cobrimento (eletroduto)	X	X	X	X	X			X	X	X	80%
Contramarco		X	X	X	X	X		X	X		80%
Junta Fria			X							X	20%
Abertura placas	X	X	X	X	X		X	X	X		90%

Fonte: o autor (2023).

Na Tabela 12 exibe os resultados da inspeção na torre 1. Observa-se um leve aprimoramento em alguns defeitos, tais como a ausência de fissuras de 45° e 90° nas aberturas, bem como uma redução na ocorrência de outras 7 falhas de execução. Isso sugere que os erros cometidos previamente podem estar sendo identificados e mitigados em algum grau, no entanto, ainda não alcançaram níveis satisfatórios. A

segregação, quando avaliada de maneira geral, permanece presente em todas as concretagens, com uma melhoria significativa detectada apenas no caso do tipo 'C', onde a incidência diminuiu para 40%. A porosidade e a superfície áspera também continuaram sendo observadas em 100% das concretagens.

Tabela 13 – Falhas de execução observadas nas concretagens da torre 2.

TORRE 2											
PAVIMENTO	1° (TÉRREO)		2°		3°		4°		5°		Incidência
CONCRETAGEM	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	
DEFEITO DE EXECUÇÃO	1° (101 ao 104)	2° (105 ao 108)	1° (201 ao 204)	2° (205 ao 208)	1° (301 ao 304)	6° (305 ao 308)	1° (401 ao 404)	8° (405 ao 408)	1° (501 ao 504)	10° (505 ao 508)	
Fissuras 45°											0%
Fissuras 90°											0%
Fissuras sem aberturas			X		X			X			30%
Defeitos superficiais (porosidade)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Junta das fôrmas	X										10%
Segregação "A" (até 1,2m)	X	X		X	X	X		X	X	X	80%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	90%
Segregação "C" (acima 2,0m)	X			X			X	X			40%
Armadura Exposta			X			X					20%
Falha cobertura (eletroduto)		X			X	X	X		X	X	60%
Contramarco	X	X	X		X	X		X	X	X	80%
Junta Fria								X			10%
Abertura placas	X	X	X			X		X	X	X	70%

Fonte: o autor (2023).

A tabela 14 apresenta os resultados considerando todas as 20 concretagens, com as falhas de execução listadas em ordem decrescente de acordo com sua incidência.

Tabela 14 – Incidência das falhas de execução nas 20 concretagens.

CONCRETAGEM	Incidência
DEFEITO DE EXECUÇÃO	
Fissuras 45°	5%
Fissuras 90°	5%
Fissuras sem aberturas	35%
Defeitos superficiais (porosidade)	100%
Junta das fôrmas	15%
Segregação "A" (até 1,2m)	85%
Segregação "B" (1,2 a 2,0m)	85%
Segregação "C" (acima 2,0m)	65%
Armadura Exposta	20%
Falha cobertura (eletroduto)	70%
Contramarco	80%
Junta Fria	15%
Abertura placas	80%

Fonte: o autor (2023).

7.1 Correlação entre as anomalias identificadas e as deficiências no processo de execução, juntamente com as estratégias de mitigação correspondentes

Nesta fase , o propósito é estabelecer uma ligação entre as falhas de execução previamente identificadas e as queixas relatadas pelos usuários, que foram detalhadas.

De acordo com os dados da Tabela 5, conforme descrito, observou-se que as manifestações patológicas relacionadas às paredes de concreto e cujas causas podem ser rastreadas até falhas na execução dessas paredes, representam 27,87% dos defeitos informados pelos usuários. Dentre esses defeitos, 43,75% foram atribuídos aos problemas nos vãos das esquadrias, resultando em mau posicionamento dos caixilhos e infiltrações. Outros 26,25% referiram-se aos defeitos na estrutura, como a formação de fissuras. Apenas 3,75% dos defeitos foram devido aos eletrodutos obstruídos por nata de cimento e 12,50% estavam relacionados a problemas nos revestimentos das paredes.

7.1.1 Problemas nas aberturas das esquadrias

A maioria dos defeitos de abertura dos vãos das esquadrias relatados pelos usuários concentra-se na área central inferior dessas aberturas. Uma das principais causas desses fenômenos patológicos é a detecção de erros durante a concretagem das contra-estruturas, resultando em concreto pouco compactado e com aspecto poroso.

Além disso, o movimento das barras de armadura ao redor do vão durante a fase de vibração do concreto contribui para a geração de áreas faltantes de barras de armadura que são propensas a fissuras. Essa área, onde a umidade pode entrar facilmente, tornou-se um problema comum em vários apartamentos entregues pela construtora devido às repetidas obras em todas as unidades.

7.1.2 Patologias na estrutura

Existem diversas causas para fissuras em estruturas de paredes de concreto, que

muitas das vezes ocorrem juntas. Foram observados defeitos superficiais em todas as estruturas de concreto analisadas, causados pela dificuldade de remoção de bolhas de ar durante a vibração no topo. Da mesma forma, três tipos de segregação de concreto também estão presentes em todas as instalações de concreto quando consideradas em conjunto. Isso significa que uma parte significativa da estrutura é feita de concreto irregular e de baixa qualidade. Além disso, também ocorrem outros erros de execução, como a cura insuficiente do concreto, a fixação insuficiente dos painéis de fôrma e as juntas frias durante a concretagem, que contribuem para a formação de fissuras e outros defeitos na estrutura. Essas condições combinadas criam as circunstâncias propícias para o surgimento de fissuras e outras patologias na estrutura.

7.1.3 Problemas nos revestimentos das paredes

Uma das principais causas de fenômenos patológicos nos revestimentos de parede é a segregação do concreto. Quando ocorre a segregação, o concreto na superfície é dividido em duas regiões distintas. Um é caracterizado por porosidade excessiva e falta de nata, enquanto o outro apresenta textura mais lisa, quase impermeável e excesso de nata.

Como resultado, uma dessas áreas apresenta boa adesão ao material de revestimento, enquanto a outra área não possui propriedades adequadas para isso. Além disso, as irregularidades do concreto próximo às juntas da fôrma são propensas à segregação nessa área, resultando em uma superfície inadequada para a adesão do revestimento.

7.1.4 Estratégias de Mitigação e Procedimentos de Controle

Medidas mitigadoras e ações de controle são estratégias adotadas para prevenir ou reduzir a ocorrência de problemas em construções. Com base nas questões anteriores e nas deficiências na execução identificadas nas obras da construtora, sugere-se um conjunto de ações para minimizar ou, possivelmente, eliminar as

falhas de execução nas construções da empresa.

- a) **Montagem e manutenção das formas:** A montagem e manutenção das fôrmas requerem atenção especial para reduzir deformações e deslocamentos. A limpeza regular das fôrmas é essencial para evitar o acúmulo de concreto, o que compromete o encaixe dos painéis, levando aos vazamentos de nata de concreto e aberturas entre as placas, o que resulta em imperfeições geométricas. A manutenção das fôrmas deve ser realizada periodicamente, uma vez que elementos defeituosos replicam as mesmas imperfeições geométricas em todas as unidades habitacionais produzidas em série. A colaboração entre a equipe responsável pela montagem das fôrmas e a equipe encarregada da manutenção das mesmas deve ser estreitada para promover uma consciência compartilhada em relação aos cuidados e à utilização adequada das fôrmas metálicas.

- b) **Amarração de ferragem e sistemas embutidos:** A amarração das armaduras e elementos embutidos deve ser executada de forma a garantir que, durante a vibração do concreto, não ocorra deslocamento desses elementos de suas posições. É crucial identificar pontos críticos e padrões de movimentação das armaduras para evitar a repetição de erros em futuras unidades, dada a natureza repetitiva do processo construtivo. Caso a opção seja manter o uso de concreto convencional adensado com vibrador, deve-se considerar a implementação de um novo método de amarração para as armaduras e elementos embutidos. Essa medida visa eliminar problemas como armadura exposta, trincas e fissuras nos vãos das janelas, bem como evitar falhas de cobertura dos eletrodutos.

- c) **Concreto auto adensável:** A utilização do concreto autoadensável surge como uma possível solução para amenizar os problemas identificados na obra, conforme discutido anteriormente. Os defeitos de projeto mais comuns, como segregação sob a contramarco, não uniformidade do concreto e má

qualidade do concreto, são geralmente causados pela colocação inadequada do concreto e pela vibração. Conforme discutido na primeira parte deste estudo, a escolha do concreto autoadensável é geralmente recomendada pelas associações especializadas na construção de paredes de concreto. Essa opção não só melhora a qualidade do concreto, mas também elimina a necessidade de sacudir o concreto, reduzindo o risco de deslocamento da armadura e falha da cobertura do tubo. A vibração excessiva pode causar segregação do concreto e movimentação das armaduras, o que pode afetar áreas críticas como esquadrias, que são pontos fracos da estrutura.

- d) **Tempo de cura do concreto:** É fundamental incorporar ao processo de execução o procedimento de cura do concreto, o qual atualmente está ausente. Pode-se empregar membranas impermeáveis específicas para a cura. Essa prática previne a perda de água da superfície do concreto, que, quando ocorre, resulta em porosidade e, posteriormente, no aparecimento de fissuras.

- e) **Lançamento:** Para o caso de empregar concreto convencional, é recomendável iniciar o lançamento em camadas com uma espessura máxima de 50 centímetros, seguido pela vibração. Esse procedimento assegura a uniformidade do concreto e a eliminação das bolhas de ar.

8 CONCLUSÃO

Ao analisar os principais fenômenos patológicos no método de construção de paredes de concreto moldadas no local por meio de fôrmas metálicas em projetos baseados no programa Minha Casa Minha Vida, mostra que as principais falhas na implementação desse processo estão focadas no momento da construção. Ficou claro que o componente mais importante é a aplicação e compactação do concreto.

Embora o método seja relativamente recente na construtora em questão e que melhorias sejam gradualmente implementadas à medida que os gestores adquirem experiência, algumas práticas de engenharia sólida devem ser adaptadas e integradas ao processo.

A maioria dos problemas relatados pelos usuários finais de edifícios com paredes de concreto podem ser evitados alterando ou adicionando procedimentos de implementação e controle. Por exemplo, ao substituir o concreto tradicional pelo concreto autoadensável, é possível prevenir, direta ou indiretamente, patologias como infiltração em janelas, deslocamento de revestimentos cerâmicos em banheiros e cozinhas e rachaduras em paredes. Essa modificação não só garante uma aplicação e compactação mais uniforme do concreto, mas também elimina a necessidade de vibração, aumentando a produtividade e evitando o deslocamento de barras de armadura e sistemas embutidos.

O aumento dos custos associados ao uso do concreto autoadensável pode ser justificado pela efetiva redução de lesões, retrabalhos e gastos com assistência técnica, além de melhorias na durabilidade e qualidade da construção, bem como da imagem da construtora e do método construtivo perante o mercado imobiliário.

Mesmo que o uso de concreto autoadensável não seja economicamente viável, a construção em camadas de concreto convencional representa uma alternativa viável para amenizar os fenômenos patológicos relatados. Nesse cenário, o aumento do custo pode ser justificado pela diminuição significativa da produtividade. Isso leva às reduções significativas nos custos de retrabalho e suporte técnico.

A falta de um processo de cura do concreto é um problema sério porque o resultado final é um concreto poroso e suscetível à infiltração de água, o que pode levar aos

danos nas armaduras e conseqüente corrosão. E, por fim, o segundo elemento mais notório do processo: as fôrmas metálicas. A limpeza e a manutenção das fôrmas devem ser realizadas regularmente. Isso previne defeitos geométricos e contribui para a vedação adequada das fôrmas, evitando vazamentos de nata de concreto e aberturas entre placas.

Por se tratar de um método construtivo que industrializa a produção de unidades habitacionais, identificar erros de fabricação e defeitos de componentes é fundamental para as empresas que utilizam esse processo construtivo em projetos habitacionais. A detecção precoce de falha executiva é essencial porque evita a necessidade de retrabalho e serviços de suporte técnico para as centenas de unidades que são fabricadas sistematicamente através da repetição de processos e reutilização de fôrmas metálicas neste método construtivo.

A implementação dessas ações de controle visa eliminar, ou pelo menos reduzir significativamente, a alta incidência de problemas observados nos empreendimentos que envolvem as paredes de concreto, assim como a necessidade de correções posteriores. Isso resulta na redução de custos não planejados e contribui para a entrega de empreendimentos de melhor qualidade e durabilidade.

Quantificar as diferenças de custos entre o uso de concreto convencional e auto adensável, bem como os custos de retrabalho e modificações posteriores, é um tema que requer pesquisas futuras. Esta é uma área de pesquisa promissora para futuras pesquisas.

A aplicação de melhores práticas de engenharia pode levar aos melhores resultados para o cliente final, o que também pode levar a economias diretas de custos. Além disso, ao fornecer um produto final durável e de alta qualidade e que atenda aos padrões de desempenho exigidos, a imagem positiva de uma construtora fortalece o relacionamento com os clientes e traz benefícios significativos para a empresa como um todo.

9 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2007-2008. São Paulo: Comunidade da Construção, 2009. 216 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wpcontent/files_mf/Parede_de_concreto_coletanea_ativos.pdf. Acesso em 9 de Novembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2008-2009. São Paulo: Comunidade da Construção, 2010. 162 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wpcontent/files_mf/Coletanea_Ativos_Parede_Concreto_2008-2009.pdf. Acesso em 9 de Novembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2009-2010. São Paulo: Comunidade da Construção, 2011. 63 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wpcontent/files_mf/Coletanea_Ativos_Parede_Concreto_2009-2010.pdf. Acesso em 9 de Novembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de concreto**: coletânea de ativos 2011-2013. São Paulo: Comunidade da Construção, 2013. 63 p. Disponível em: http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Coletanea_PC2013.pdf. Acesso em 9 de Novembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481**: Tela de aço soldada – Armadura para concreto. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social – Desempenho. Rio de Janeiro, 2005.

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

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Minha Casa Minha Vida - Habitação Urbana. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minhavid/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em 10 de Setembro de 2023.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Programa de Olho na Qualidade - Código de Práticas CAIXA Programa Minha Casa Minha Vida – Entidades PMCMV-E. 2016. Disponível em: http://autogestao.unmp.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/CodPraticasCAIXA_MCMVEntidades_v002.pdf. Acesso em Acesso em 10 de Setembro de 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Déficit Habitacional no Brasil. Dados disponíveis para download em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em 10 de Setembro de 2023.

ALMEIDA, R. de. **Manifestações patológicas em prédio escolar**: uma análise qualitativa e quantitativa. 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais: desempenho: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CARMO, P. O. do C. **Patologia das construções**. Santa Maria, RS: CREARS, 2003.

HELENE, P. R. L. **Manual de reabilitação de estruturas de concreto**: reparo, reforço e proteção. São Paulo: Red Reabilitar, 2003.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de cimento**. 2 ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

MANUTENÇÃO de obras: um problema cultural? **ECIVIL UFES**, Vitória, ES, 2023. Disponível em: <https://ecivilufes.wordpress.com/tag/custo/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIARI FILHO, C. V. O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 7, n. 1, p. 90-100, 2012.

MITIDIARI FILHO, C. V.; HELENE, P. R. L. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações**: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, 1998. (Boletim Técnico).

GONÇALVES, O. M. et al. **Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações**. In: ROMAN, H.; BONIN, L. C. (Ed.). Normalização e certificação na construção habitacional. Porto Alegre: Habitare, 2003. (Coletânea Habitare, v. 3).

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

NAKAMURA, Juliana. Escolha de formas para parede de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, n. 202, janeiro 2014. Não paginado. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>. Acesso em 20 de Setembro de 2023.