

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

VICTOR RAFAEL MELO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS APÓS EXECUÇÃO DO
SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES EM CONCRETO EM
EDIFÍCIOS DESTINADOS ÀS HABITAÇÕES POPULARES NA
CIDADE DE UBERLÂNDIA**

UBERLÂNDIA

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

VICTOR RAFAEL MELO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS APÓS EXECUÇÃO DO
SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES EM CONCRETO EM
EDIFÍCIOS DESTINADOS ÀS HABITAÇÕES POPULARES NA
CIDADE DE UBERLÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal
de Uberlândia, como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres

UBERLÂNDIA

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

VICTOR RAFAEL MELO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS APÓS EXECUÇÃO DO
SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES EM CONCRETO EM
EDIFÍCIOS DESTINADOS ÀS HABITAÇÕES POPULARES NA
CIDADE DE UBERLÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal
de Uberlândia, como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, 05 de julho de 2019.

Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres, UFU/MG

Prof. Dra. Ana Carolina Fernandes Maciel, UFU/MG

Prof. Dra. Raquel Naiara Fernandes Silva, UFU/MG

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Murilo e Daniela, por acreditarem em mim e me apoiarem para que a realização deste sonho fosse possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por estar sempre presente em minha vida e ao longo do curso me encorajando e dando forças.

A minha família, em especial aos meus pais, Murilo e Daniela, pelo amor, incentivo, apoio incondicional e que por muitas vezes abriram mão de seus sonhos para que o meu fosse realizado e sempre acreditaram em mim, independente da circunstância.

Aos meus colegas de graduação que estiveram ao longo desta jornada e me ajudaram diretamente e indiretamente para que eu chegasse neste momento tão esperado.

A minha namorada, Allane, que, com todo o carinho, amor e atenção soube compreender meus momentos de estresse e insegurança nesses últimos meses.

Ao professor Paulo, pelos ensinamentos técnicos, por aceitar meu convite para ser meu orientador e por estar sempre disponível para ajudar, mesmo possuindo diversas tarefas para realizar.

As professoras Ana e Raquel, por disporem seu tempo e aceitarem o meu convite para compor a banca do meu TCC.

A todos os professores, que me transmitiram conhecimentos técnicos na graduação para o meu engrandecimento profissional.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero: Muito Obrigado!

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O sistema construtivo de paredes em concreto é um método de construção racionalizado que oferece produtividade e economia de escala quando o desafio é a redução do déficit habitacional. A presente monografia visa a identificação de patologias ou demais possíveis inconformidades instaladas em um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia. Este trabalho foi desenvolvido durante a fase de construção, identificando as anomalias advindas do processo construtivo, seu grau de incidência e a caracterização de sua (s) tipologia (s). Com a identificação e registro das anomalias presentes nas fachadas e interiores das edificações, suas características, grau de incidência, localização e aprofundamento das anomalias, assim como suas prováveis causas; foi desenvolvido um mapeamento das patologias para conferência das alvenarias em concreto durante e após a execução, gerando assim um modelo de identificação dessas anomalias, das possíveis causas desencadeadoras dos processos degradadores e recomendações de ações que visem reduzir a ocorrência de patologias durante o processo construtivo. Por fim, o estudo propôs aproximar a empresa ao meio científico com vistas à elaboração de novos procedimentos a serem adotados; tendo por finalidade a eliminação ou redução de processos que gerem retrabalho, desperdício e custos elevados, proporcionando assim, maior qualificação da edificação e, conseqüentemente, maior satisfação dos futuros usuários.

Palavras-chave: Parede de concreto, patologias, anomalias.

ABSTRACT

The concrete wall building system is a streamlined construction method that provides productivity, quality and economy of scale when the challenge is to reduce the housing deficit. This monograph project aims to identify pathologies or other possible nonconformities installed in a set of buildings in the city of Uberlândia. This work will be developed during the construction phase, identifying the anomalies arising from the construction process, its degree of incidence and the characterization of its typology (s). With the identification and registration of the anomalies present in the facades and interiors of the buildings, their characteristics, degree of incidence, location and deepening of the anomalies, as well as their probable causes; a mapping of the pathologies for concrete masonry conference will be developed during and after execution, thus generating a model for identifying these anomalies, the possible causes of degrading processes and recommendations for actions that aim to reduce the occurrence of pathologies during the construction process . Finally, the study proposes to bring the company closer to the scientific environment with a view to elaborating new procedures to be adopted; having as purpose the elimination or reduction of processes that generate rework, waste and high costs, thus providing a greater qualification of the building and, consequently, greater satisfaction of the future users.

Key words: Concrete wall, pathologies, anomalies.

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Características do sistema construtivo paredes de concreto	14
3.2 Materias, mão de obra e métodos utilizados.....	17
3.2.1 Concreto	17
3.2.2 Formas.....	18
3.2.3 Armação	20
3.2.4 Mão de obra.....	22
3.2.5 Limpeza.....	22
3.2.6 Desforma	23
3.2.7 Acabamento.....	23
3.3 Manifestações patológicas	25
3.3.1 Fissuras.....	28
3.3.2 Defeitos superficiais.....	29
3.3.3 Falhas de Concretagem	30
3.3.4 Falhas de Execução	31
4 ESTUDO DE CASO	32
4.1 A obra	32
4.2 Levantamento das patologias.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
6 PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DA PAREDE DE CONCRETO	50
6.1 Condições para início do serviço	50
6.1.1 Medidas de segurança	50
6.1.2 Materiais necessários para execução do serviço	50
6.1.3 Atividades preliminares.....	50
6.2 Passo a passo para execução do serviço	51
6.2.1 Marcação da parede.....	51
6.2.2 Montagem das telas e vergalhões.....	52
6.2.3 Instalações elétricas.....	54
6.2.4 Montagem das formas de alumínio	55
6.2.5 Concretagem das paredes de concreto	58

6.2.6 Pós-desforma.....	60
7 CONCLUSÃO.....	62
REFERENCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo é composto por paredes estruturais maciças de concreto comum moldadas no local, com espessura de 10 cm, armadas com telas metálicas eletrossoldadas posicionadas no centro das paredes. As lajes são maciças, de concreto armado; também moldadas no local, com 10 cm de espessura. A fundação é definida considerando cada local de implantação das unidades habitacionais. No sistema, as paredes são executadas na espessura final, eliminando-se o reboco (SILVA, 2011).

A intenção de moldar *in loco* é evitar o trabalho duplo, gerando economia. Afinal, quando a moldagem é feita no local definitivo, evita-se uma série de desperdícios, gastos excessivos e ocupação inadequada de mão de obra.

Além disso, a estrutura deste sistema é resistente, pois todas as paredes formam um único elemento estrutural monolítico, fazendo com que as tensões sejam distribuídas de maneira uniforme.

No Brasil, o uso desse sistema começou na década de 1970, para atender a necessidade de entrega rápida dos empreendimentos incentivados pelo governo brasileiro. Mas, o uso de paredes de concreto teve certa queda com o passar dos anos, sendo retomado com força por meio do programa “Minha Casa, Minha Vida”, em 2009.

Nesse programa, as construtoras buscavam, justamente, um menor tempo de construção. O que é exatamente o que esse tipo de parede pode oferecer, além de estruturas de boa qualidade e custo reduzido.

De acordo com a Caixa Econômica Federal, esse sistema construtivo, que utiliza paredes de concreto moldadas no local da obra para o programa do governo federal, esteve presente em 36% das unidades produzidas em 2014. A partir do segundo semestre de 2015, esse percentual cresceu para 52% (auge do programa).

Esse sistema construtivo, nas devidas e corretas condições de execução, apresenta diversas vantagens em relação à alvenaria convencional e a alvenaria estrutural com blocos de concreto, tais como, agilidade na construção, redução de custos, acabamento simples, qualidade

construtivas, patologias minimizadas, versatilidade, resistência a agressões e sustentabilidade.

Vale ressaltar que um dos principais obstáculos para maior aceitação das paredes de concreto *in loco* é a cultura construtiva brasileira. Isto é, a cultura brasileira encontra-se voltada para as obras de alvenaria convencional, com blocos cerâmicos. Contudo, esse pensamento vem sendo superado com o passar dos anos.

Mesmo com o avanço das técnicas construtivas e o maior controle de qualidade dos materiais empregados, as edificações ainda apresentam diversas espécies de patologias. Grande parte das anomalias que geram patologias, são decorrentes do mau gerenciamento dos projetos e/ou da má execução dos serviços. Sendo assim, é necessário controle constante e procedimentos eficientes de inspeção que assegurem a durabilidade das edificações, para que essas cumpram a vida útil com a qualidade prevista.

Segundo ANTONIAZZI (2009), qualquer edificação tem uma determinada vida útil que pode ser maior ou menor, dependendo de vários fatores como, por exemplo, a qualidade dos materiais empregados na construção, as condições a que essas estão expostas e a existência de manutenção periódica. Ou seja, é necessário verificar e interpretar as manifestações patológicas, os vícios construtivos, as origens dos problemas, os agentes causadores dos problemas, o prognóstico para a terapia e os erros de projeto (MIOTTO, DANIELA, 2010).

Esse trabalho busca esclarecer a natureza das patologias mais frequentes encontradas nas edificações habitacionais em paredes de concreto analisadas. Por fim, é proposto um novo procedimento a ser seguido, com a finalidade de reduzir custos ao proporcionar maior durabilidade dos trabalhos que serão realizados.

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

2.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem por objetivo geral avaliar as patologias do sistema construtivo em paredes de concreto moldado no local, classificando e quantificando as manifestações patológicas em uma obra residencial na cidade de Uberlândia - MG.

2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, tem-se como objetivos específicos as ações:

- Coletar dados através de visitas para inspeções;
- Caracterizar as anomalias/patologias e definir seu grau de incidência e risco para o uso seguro da habitação;
- Identificar as possíveis causas das anomalias;
- Relacionar o aparecimento das patologias com as falhas durante a execução da parede de concreto;
- Analisar os resultados;
- Propor novo procedimento a ser adotado pela empresa, visando reduzir a ocorrências das anomalias.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Características do sistema construtivo paredes de concreto

O sistema construtivo de parede de concreto é um método que utiliza formas que são montadas no local da obra e depois preenchidas com concreto, já com as instalações hidráulicas e elétricas podendo ou não estar embutidas. A principal característica do sistema é que a vedação e estrutura constituem um único elemento (MISURELLI; MASSUDA, 2009). A Figura 1 representa um modelo de edifício sendo construído nesse sistema.

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



Fonte: Tecnosil (2019)

O sistema é recomendado para empreendimentos que apresentam alta repetitividade e podem ser utilizados em obras de baixo, médio e alto padrão, devido a sua grande versatilidade. O que define a escolha é uma criteriosa análise de custos, que leve em consideração todos os fatores tais como mão de obra e tempo de construção com seus encargos. Podem ser utilizados em edificações de casas térreas, sobrados, edifícios de até seis pavimentos, edifícios de até nove pavimentos com apenas esforços de compressão, tendo exemplos de utilização em edifícios de até 30 pavimentos (ABCP, 2007).

O sistema de alvenaria convencional, bastante utilizado para construção de conjuntos habitacionais no Brasil é marcado pelo tempo de execução lento, atividades artesanais que demandam índices de mão de obra elevados e onde se predomina o desperdício. Já o sistema construtivo parede de concreto é totalmente sistematizado, pois é baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico e multifuncionalidade. Dessa forma é possível conseguir um produto homogêneo,

independentemente da região do país e da mão de obra a ser empregada, sendo um diferencial para empresas que constroem em vários estados (CICHINELLI, 2009).

O sistema reduz as atividades artesanais e improvisações, contribuindo para reduzir o número de operários no canteiro, com maior produção em menos tempo, sendo viável a partir de escala, velocidade, padronização e planejamento sistêmico. Para haver a qualidade final, produtividade e o prazo desejado, é necessário que o engenheiro faça todo o controle da obra desde a fase de projetos até a entrega da obra, atentando principalmente a fase de montagem das formas até a desforma, pois qualquer erro pode acarretar a danificação das formas ou a perda do concreto (ABCP, 2007).

Além da velocidade e da economia de custos, o sistema parede de concreto também reduz o desperdício e as etapas construtivas de uma obra. No sistema de alvenaria convencional, depois de erguida a casa, as paredes têm de ser quebradas para as instalações hidráulicas e elétricas serem colocadas. Essa quebra nas paredes gera desperdício, se transforma em resíduos (JUSTUS, 2009). No sistema Parede de Concreto o desperdício é mínimo, e em relação à alvenaria convencional gera 80% menos resíduos (D'AMBROSIO, 2009). A Figura 2 mostra resíduos gerados no sistema de alvenaria convencional.

Figura 2 – Resíduos gerados no sistema construtivo de alvenaria convencional



Fonte: Justus, 2009

Algumas condições mediante a vida útil das instalações, tais como a manutenibilidade das

instalações hidrossanitárias e elétricas, são fundamentais para que o projetista estrutural decida embutir ou não as instalações nas paredes, de tal forma que a decisão não comprometa o sistema construtivo em si. Em caso de haver necessidade de instalações com tubos de grande diâmetro, essas não são embutidas nas paredes, mas alojadas em *shafts*, previstos no projeto e deixados na estrutura final, como aberturas (ABNT NBR 16055: 2012).

Em relação ao acabamento, as paredes de alvenaria convencional requerem a aplicação do chapisco e reboco para depois ser feito o acabamento final. Na parede de concreto, depois de desformada, dependendo do acabamento final do concreto, a casa já está pronta para ser pintada, ou pode ser feito o assentamento cerâmico (JUSTUS, 2009). Se o acabamento final do concreto não ficar perfeito, é feito a estucagem, que é a correção das falhas e emendas do concreto (PINI, 2009). Outra vantagem em relação à alvenaria convencional é que pelo fato da espessura da parede ser menor; permite obter ganho de área de útil para a mesma área total da unidade (ABCP, 2007). A Figura 3 ilustra a diferença do sistema de alvenaria convencional em relação ao de paredes em concreto quanto ao acabamento.

Figura 3 – Comparação entre etapas construtivas do acabamento



Fonte: HESKETH (2009)

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

geração de entulhos, tratando-se de um sistema efetivamente industrializado (NUNES, 2011).

3.2 Materias, mão de obra e métodos utilizados

3.2.1 Concreto

De acordo com a NBR 16055 (2012), a mescla utilizada para as paredes de concreto moldadas no local podem ser preparadas pelo próprio executor da obra, ou por central dosadora de concreto, sendo que ambas devem atender a especificações do projeto estrutural e assumir as responsabilidades pelo serviço.

O concreto autoadensável, especificamente, foi apontado como a principal inovação tecnológica 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). A Figura 4 ilustra o lançamento do concreto e sua grande fluidez. A Figura 5 retrata o final de uma concretagem de dois apartamentos.

Figura 4 – Lançamento do concreto



Fonte: Autor (2019)

Figura 5 – Final da concretagem dos apartamentos



Fonte: Autor (2019)

O f_{ck} consiste na Resistência característica do concreto à compressão. Tem importância fundamental na resistência mecânica da estrutura de concreto armado, sendo um dado que é especificado pelo responsável técnico do projeto estrutural. Caso o valor do f_{ck} do concreto da estrutura seja menor do que o de projeto e não sejam tomadas as devidas medidas de segurança, tais como o reforço da estrutura, essa poderá vir a colapso. Quanto maior for a diferença entre os valores, piores serão as consequências.

O concreto, quando utilizado de maneira incorreta ou sem especificação, pode causar muitos danos em uma construção, trazendo com isso grandes prejuízos financeiros.

3.2.2 Formas

Ao escolher o sistema de formas, alguns fatores devem ser levados em consideração. Entre os mais importantes, estão: durabilidade da chapa e número de reutilizações, durabilidade da estrutura, modulação dos painéis, flexibilidade diante das opções de projeto e adequação à fixação de embutidos (Tecnosil, 2019).

A escolha adequada das formas potencializa os ganhos do sistema. Na hora de definir a forma ideal, além das características de manuseio, durabilidade e economia, é preciso avaliar também a melhor opção entre os tipos indicados:

- Formas metálicas (quadros e chapas em alumínio ou aço);
- Formas metálicas + compensado (quadros em alumínio ou aço e chapas de madeira compensada ou material sintético);
- Formas plásticas (quadros e chapas de plástico reciclável).

A NBR 16055 (2012) cita a importância do estudo detalhado dos projetos pelo responsável pela obra e que as formas devem vir acompanhadas de seus projetos. Antes do lançamento do concreto nas formas, devem ser verificadas suas dimensões e posições, com finalidade de assegurar a conformidade entre o projetado e o executado. A superfície das formas deve ser limpa e atender o uso de desmoldante correto, verificar a estanqueidade da forma para evitar perda do concreto.

A NBR 16055 (2012) também enfatiza a necessidade de conferência dos escoramentos, aprumadores e alinhadores horizontais antes da concretagem, para que se possa garantir as dimensões e prumo das formas com o especificado em projeto, permitindo a passagem de pessoas e equipamentos para a realização do serviço.

Segundo Marcelli (2007), além do fator que remete à segurança da estrutura, deve-se atentar a necessidade de projetar e executar de maneira correta as formas, devido ao problema de que, quando essas e escoramentos são projetados ou executados incorretamente, acabam por afetar a questão econômica, adicionando valores extras no orçamento final e acarretando prejuízos, pois geralmente implicam serviços para corrigir os danos, comprometendo a estética.

Mesmo que não haja problemas durante a concretagem, algum tempo depois, ainda existem cuidados a serem levados em conta para não ocorrerem danos na estrutura. O tempo de desforma e retirada de escoramento deve ser obedecido. Esse tempo deve levar em conta vários fatores como tipo de cimento, tipo de cura e cálculo estrutural. Deve-se estar atento também à maneira de remover os escoramentos. Por exemplo, em casos de balanços, esse elemento estrutural deve ter as escoras retiradas da ponta do balanço em direção ao engaste, caso contrário poderão ocorrer trincas. A Figura 6 ilustra o escoramento da laje, que continua mesmo após a

desforma das paredes.

Figura 6 – Escoramento da laje



Fonte: Autor (2019)

3.2.3 Armação

A armação adotada no sistema de parede de concreto *in loco* tem como requisitos básicos: resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto, estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás (Tecnosil, 2019).

Segundo a NBR 16055 (2012), é necessário que as armaduras estejam limpas, seu posicionamento e seu cobrimento sejam conferidos e de acordo com o especificado. O projeto deve se atentar aos detalhamentos para que haja espaçamento necessário entre os elementos para a execução da concretagem. Quando a armadura estiver em interferência com outros objetos construtivos, só devem ser cortadas após autorização do projetista estrutural.

Na maioria das vezes, utilizam-se telas soldadas posicionadas no eixo vertical das paredes ou nas duas faces – dependendo do dimensionamento do projetista –, além de barras em pontos específicos, tais como cinta superior nas paredes, vergas, contravergas, entre outras (Tecnosil, 2019). A Figura 7 retrata o posicionamento da armadura no sistema construtivo de paredes de concreto.

Figura 7 – Posicionamento da armadura



Fonte: Facisa (2016)

A montagem das telas soldadas e reforços devem seguir as especificações do projeto estrutural. O primeiro passo é a montagem da armadura principal, em tela soldada. Em seguida, as armaduras de reforços, ancoragens de cantos e cintas são inseridas. É possível agilizar a montagem das armaduras cortando previamente os locais onde serão posicionadas as esquadrias de portas e janelas, caso o projeto não preveja esse procedimento. O último passo é colocar os espaçadores plásticos, que são imprescindíveis para garantir o posicionamento das telas e a geometria dos painéis (TECHNE, 2009).

Supondo que o projeto estrutural tenha sido executado obedecendo às normas da ABNT, e que também tenha sido interpretado de maneira correta, ainda pode-se ter problemas caso as armaduras sejam alteradas durante a concretagem. Este problema é comum nas lajes em que as barras de aço acabam sendo deslocadas pela passagem de funcionários, carrinhos de mão e outros equipamentos, alterando suas posições originais.

O cobrimento que as armaduras necessitam ter é outro fator que, se não for levado em conta, pode ser causa de deterioração. O valor do cobrimento deve obedecer a ABNT, caso contrário pode desencadear o processo de corrosão das armaduras. O uso de espaçadores é indispensável neste caso. Os valores de ancoragem também devem obedecer ao que a norma dita, um comprimento menor que o prescrito poderá causar o surgimento de fissuras (BOTELHO, 1996). Erros durante a execução da armadura podem gerar problemas como:

- Trincas pequenas;

- Colapso geral da estrutura na qual a armadura esteja em falta, ou tenha sido utilizada com bitolas menores das previstas em projeto; ou ainda, utilizada em posição diferente da que foi especificada.

3.2.4 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 defeitos construtivos como defeitos de projeto possuem, na maioria das vezes, falhas humanas como responsáveis, devido à baixa qualidade de mão de obra. Podemos citar como principais falhas humanas causadoras de patologias na execução: falhas de concretagem, inadequação de escoramentos e formas, deficiência nas armaduras, utilização incorreta dos materiais de construção e inexistência de controle de qualidade (Trindade, 2015).

3.2.5 Limpeza

Uma das opções de limpeza é a utilização de jatos fortes de água, porém é preciso que a pressão da água seja regulada para não danificar o acabamento das formas. Outra opção, que demanda mais tempo, é a remoção dessa crosta com água e escova ou espátula plástica. Após a limpeza, deve-se aplicar o agente desmoldante (MISURELLI, MASSUDA, 2009).

Como o sistema paredes de concreto admite o uso de formas metálicas ou plásticas, além das convencionais de madeira, atenção especial deve ser dada ao desmoldante escolhido. O produto precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto grude na forma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final (MISURELLI, MASSUDA, 2009).

O processo deve permitir que, após a desforma, as paredes contenham todos os elementos embutidos corretamente (caixilhos de portas e janelas, tubulações elétricas e hidráulicas, etc).

3.2.6 Desforma

A retirada das estruturas provisórias deve ser feita após o concreto atingir a resistência prevista no projeto, sem impacto, evitando o aparecimento de fissuras (TECHNE, 2009).

Na desmontagem, os painéis devem ser posicionados ao lado da próxima habitação a ser executada. É fundamental que seja realizada limpeza completa, removendo a película de argamassa (cimento, água e areia) aderida ao molde. Esse trabalho deve ser cuidadoso, de modo a garantir a vida útil das formas (TECHNE, 2009). A Figura 8 representa o processo de desforma.

Figura 8 –Desforma



Fonte: TECHNE (2009)

3.2.7 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). A Figura 9 representa o acabamento da parede de concreto logo após a desforma.

Figura 9 – Acabamento da parede de concreto



Fonte: Autor (2019)

Arêas (2013) cita a importância da correta execução de formas e lançamento do concreto para que seja possível bom acabamento do concreto após a desforma das paredes e laje, e esse resultado ocorre devido a concretagem dentro dos padrões estabelecidos. Com consistência, lançamento e adensamento do concreto, o resultado esperado é de um concreto homogêneo, isento de vazios e, posteriormente, de retrabalhos.

De acordo com Misurelli e Mussuda (2009), após a desforma, as paredes niveladas e aprumadas exibem uma textura regular, apresentando apenas os sinais superficiais das junções entre painéis e furos das ancoragens. Também são visíveis pequenas bolhas de ar, geradas pela espuma ou incorporadas à massa durante o processo de lançamento. As rebarbas decorrentes das junções de painéis devem ser removidas com espátula logo após a desforma. Os furos de ancoragens

devem ser preenchidos com argamassa de cimento e areia.

As eventuais falhas decorrentes de infiltração de ar (não destruídas durante a mistura no interior da betoneira) e as falhas provocadas pela heterogeneidade da granulometria da areia e impurezas podem ser corrigidas com a operação de feltragem.

A feltragem tem como objetivo a retirada dos sinais superficiais da forma, a redução da porosidade superficial, o tamponamento de pequenos poros e bolhas de ar superficiais e a melhoria da qualidade estética das paredes. Esta é uma operação básica (e opcional) realizada algumas horas após a desforma. Consiste na aplicação de uma camada de nata de cimento portland, com traço rico em cimento, por meio de desempenadeiras de madeira revestidas com espuma. Os materiais mais empregados em obras já realizadas são: massa corrida, revestimentos cerâmicos, texturas e argamassas industrializadas sendo, nesses casos, aplicados diretamente sobre as paredes, sem necessidade da feltragem (MISURELLI, MASSUDA, 2009).

3.3 Manifestações patológicas

Com o surgimento do sistema construtivo de parede de concreto e com as vantagens que esse trazia sobre as demais técnicas e materiais empregados à época, logo foi vista uma brusca “aceleração” no uso dessa tecnologia. Com essa perspectiva, surgiram também as manifestações patológicas que o mesmo pode causar devido ao desleixo, má utilização, mão de obra desqualificada ou até mesmo falta de conhecimento de como empregá-lo corretamente.

Tal conjectura na construção civil gera alta demanda de funcionários da área, levando a muitas contratações de mão de obra desqualificada devido à necessidade e falta em determinado setor. Isso pode trazer grande prejuízo quando se trata de qualidade em uma obra, podendo ser fator de surgimento de manifestações patológicas (THOMAZ, 1989).

Entende-se por patologia do concreto armado a ciência que estuda os sintomas, mecanismos, causas e origens dos problemas patológicos encontrados nas estruturas de concreto armado, sendo que para um dano qualquer, existe a possibilidade de vários fatores serem responsáveis. Esses danos, tais como pequenas infiltrações até grandes problemas que podem levar a estrutura ao colapso, podem apenas causar incômodos àqueles que irão utilizar a obra segundo o fim para a que foi destinada (HELENE, 1988).

As manifestações patológicas na construção civil podem ser comparadas, analogicamente, com a “medicina”, pois tratam os sintomas, origens e causas das doenças ou defeitos que vierem a ocorrer nas edificações. As patologias mais comuns em obras de edificações são ocasionadas por: falhas na concepção do projeto, má qualidade dos materiais, erros na execução, uso diferente do edifício daquele para o qual foi projetado e falta de manutenção no decorrer do tempo.

Assim como um médico deve entender quais são os sintomas, as consequências e o tratamento das principais doenças que acometem seus pacientes, um engenheiro precisa estar atento às principais ocorrências que comprometem as edificações.

Para Helene (1992), apud Mario, 2011, “embora o concreto possa ser considerado um material praticamente eterno, desde que receba manutenção sistemática e programada, há construções que apresentam manifestações patológicas em intensidade e incidência significativas, acarretando elevados custos para sua correção. Sempre há comprometimento dos aspectos estéticos e, na maioria das vezes, redução da capacidade resistente, podendo chegar, em certas situações, ao colapso parcial ou total da estrutura”.

Neste sentido, as manifestações patológicas nas superfícies de paredes de concreto, devem receber atenção maior do que as outras superfícies. Esta preocupação ocorre pelo fato de não haver mais barreiras que impossibilitam a penetração da água, como, reboco, cerâmica, entre outros (Sousa, 2013).

Na fase de execução da estrutura, antes de qualquer processo de construção, é essencial que tenha o planejamento do canteiro da obra para o bom andamento dessa, assim como a programação das atividades e também o cronograma contendo o prazo limite de todas as tarefas a serem executadas.

O engenheiro juntamente com o mestre de obra ou quaisquer outros responsáveis, deve estar totalmente atento a todas as informações que o projeto fornece tais como escalas, dimensões e posições dos elementos estruturais e demais medidas. Se a execução ocorrer da melhor forma possível, evita-se, fortemente, o surgimento de patologias.

A partir do instante em que é iniciada a construção, essa já está suscetível à ocorrência de falhas

das mais diversas naturezas, associadas a causas variadas como a falta de mão de obra qualificada, controle de qualidade praticamente inexistente, execução da obra com pouca qualidade, péssimas condições de trabalhos para os funcionários, materiais de segunda linha com qualidade inadequada, irresponsabilidade técnica dos responsáveis e até mesmo sabotagem. Pode-se citar como exemplos de patologias geradas por erros na execução de estruturas de concreto armado, trincas em vigas devidas à falta de barras de aço, trincas de elementos estruturais devido ao mau escoramento das formas e falhas no concreto devido a precária vibração (TAKATA, 2009). A Figura 10 ilustra um exemplo de patologia no sistema construtivo de parede de concreto, causada pelo adensamento inadequado do concreto.

Figura 10 – Patologias na parede de concreto



Fonte: Autor (2019)

A falta de controle de qualidade quando se trata de estruturas de concreto armado é um fator preponderante na ocorrência de patologias. Sendo o aço e o concreto os dois materiais responsáveis pela durabilidade e pela resistência do elemento estrutural, é necessário criterioso padrão de qualidade, tanto na produção quanto na execução de qualquer estrutura; para que seja evitado o uso de concretos com f_{ck} e abatimento abaixo do estimado pelo calculista, e também

que seja usada tela com a bitola menor do que a estimada.

É necessário que se tenha, durante toda a fase de execução da obra, a assistência de um laboratorista e que se preste total obediência às normas, no que diz respeito à composição e confecção do concreto, de forma a se reduzir a possibilidade de deterioração precoce da estrutura (THOMAZ 1989).

Ter controle da qualidade dos materiais utilizados em uma obra é fator essencial para que seja reduzida a manifestação de patologias em uma estrutura, conseqüentemente, evitando prejuízos futuros.

3.3.1 Fissuras

As fissuras geralmente são as manifestações patológicas que mais chamam atenção de pessoas leigas, devido ao aspecto anti-estético que apresentam, aliada a sensação de insegurança. Essas anomalias podem ter origem nas causas intrínsecas e extrínsecas, ou na combinação de duas ou mais. A Figura 11 representa um exemplo de fissura encontrada em paredes de concreto.

Figura 11 – Fissura na parede de concreto



Fonte: Macedo (2018)

De acordo com Cánovas (1988), são patologias que além do próprio risco que trazem para a segurança da estrutura, podem ser uma porta aberta para a ocorrência de corrosões das armaduras, já que acabam por desproteger o aço. Segundo Nunes (2007 apud CORRÊA, 2012), as fissuras podem ser classificadas de acordo com a sua origem, sendo:

1. Deformação;
2. Retração Hidráulica;
3. Retração Térmica;
4. Expansão hidráulica.

Corrêa (2012), cita que as fissuras por deformação são causadas devido a esforços superiores ao que a estrutura suporta, sendo esforços de compressão, cisalhamento ou flexão. Estes esforços podem ser gerados por impactos mecânicos, armazenamento de cargas incorretas ou sobrecargas.

Nunes (2007 apud CORRÊA, 2012), informa que as fissuras por retração hidráulica dar-se-ão pela perda de água de forma acelerada para a superfície, este tipo de fissuração é mais frequente em elementos cuja relação área superficial/espessura é muito grande.

Josiel (1975 apud CORRÊA, 2012), cita que as fissuras por retração térmica dar-se-ão, geralmente, em elementos com maior idade; estando relacionadas com o coeficiente de dilatação térmica do concreto, variando a temperatura, ocorre variação volumétrica do mesmo.

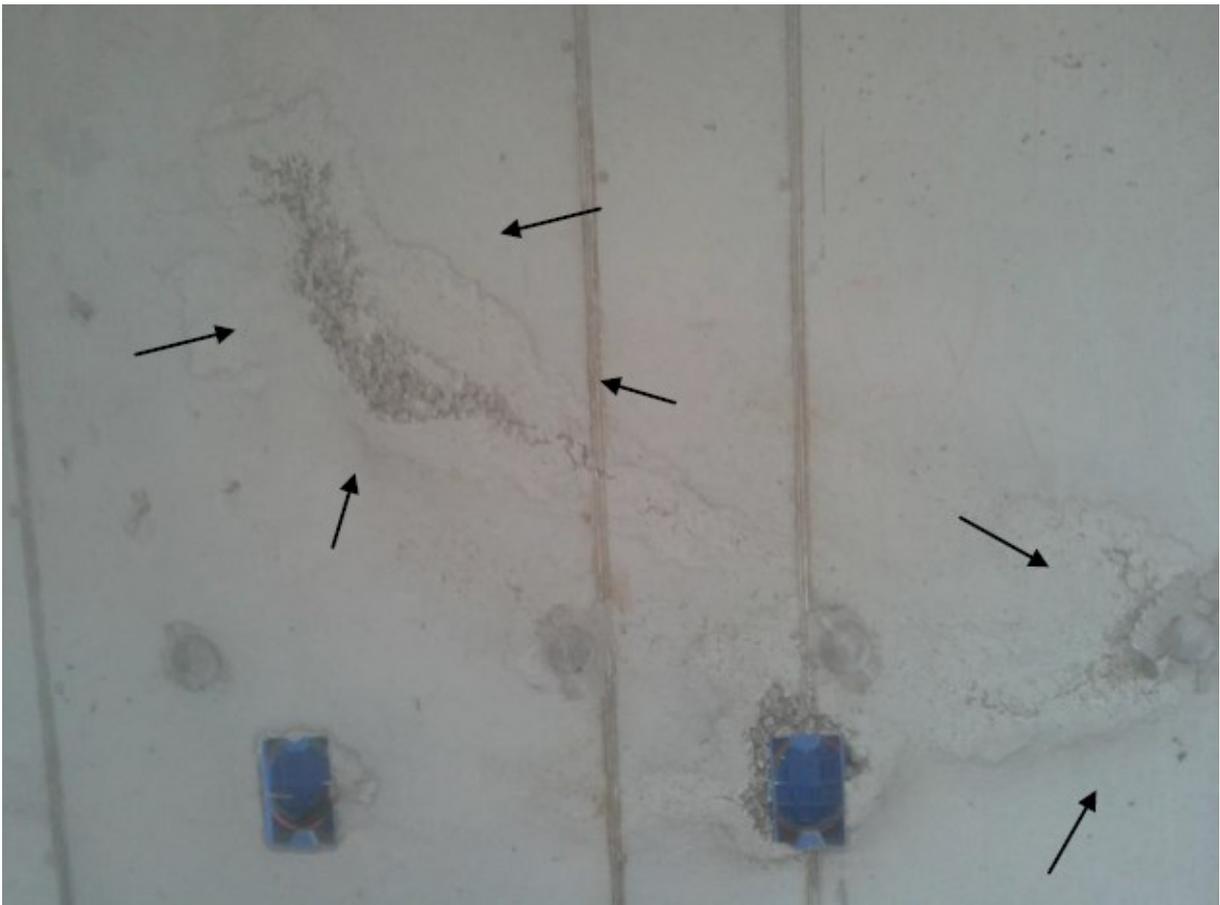
Segundo Fiabani (apud CORRÊA, 2012), as fissuras por expansão hidráulica são causadas pela expansão volumétrica da água que se encontra nos poros do concreto, causando grandes pressões.

3.3.2 Defeitos superficiais

Geyer (1995 apud CORRÊA, 2012) citam bolhas superficiais no concreto como um dos problemas mais comuns no sistema construtivo. Essa patologia aparece na superfície do concreto devido ao processo de mistura e lançamento do concreto. Uma parcela do ar fica presa no concreto durante a cura, a água e o ar tendem a concentrar-se próximo a parede, causando esses defeitos superficiais.

Misurelli e Massuda (2009), orientam que as falhas decorrentes da infiltração de ar e as falhas provocadas pela heterogeneidade da granulometria da areia e impurezas podem ser corrigidas pelo processo de feltragem. A Figura 12 retrata um exemplo de defeito superficial na parede, contendo irregularidades e afloramento de brita.

Figura 12 – Defeito superficial na parede



Fonte: Miotto (2017)

3.3.3 Falhas de Concretagem

Segundo Corrêa (2012), a concretagem das paredes de concreto é de extrema importância, devido ao fato de qualquer inconformidade com o projeto poder resultar em reduções de qualidade e resistência da estrutura.

Mitidieri Filho, Souza e Barreiros (2013), em visitas técnicas em obras de paredes de concreto, citam as falhas de concretagem a seguir:

- Segregação do concreto, provocada por propriedades do concreto inadequadas ou falha de execução;
- Formações de vazios de grandes dimensões que o concreto não preencheu localizado sob eletrodutos horizontais.

Na Figura 13 tem-se uma patologia causada por falhas de concretagem.

Figura 13 – Concreto visivelmente frágil



Fonte: Miotto (2017)

3.3.4 Falhas de Execução

Mitidieri Filho, Souza e Barreiros (2013), também em visita técnica em obras de parede de concreto, citam as falhas de execução:

- Vazamento de concreto pela base das formas, razão de existência de frestas entre as

- placas e a laje;
- Ausência de espaçadores na armadura causando exposição da mesma.

Para evitar tais problemas os autores recomendam que três itens sejam controlados na execução:

1. Controle do concreto, seu recebimento e suas propriedades;
2. Execução das paredes
 - 2.1 Montagem das armaduras e das instalações embutidas;
 - 2.2 Montagem das formas;
 - 2.3 Concretagem;
 - 2.4 Cura do concreto;
3. Avaliação das paredes após desformá-las.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A obra

O estudo de caso ocorreu em uma obra que utiliza o sistema construtivo Parede de Concreto e participa do programa “Minha Casa, Minha Vida”. A obra avaliada está iniciando os serviços de acabamento de pintura interna e externa no momento do estudo. Em função das paredes de concreto estarem sem revestimento, torna-se mais fácil identificar as manifestações patológicas decorrentes do processo construtivo.

A obra é um empreendimento realizado por uma construtora da cidade de Uberlândia – MG, com experiência em outras obras com sistema construtivo. Essa obra é um conjunto residencial com 448 apartamentos distribuídos em 08 torres de sete pavimentos com 08 apartamentos por andar. A Figura 14 representa a distribuição dos blocos no empreendimento.

Figura 14 – Projeto do empreendimento



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

Essa obra está sendo executada integralmente pelo sistema construtivo paredes de concreto moldadas no local, com exceção do salão de festas, guarita, academia e depósito de lixo que foram executados no sistema construtivo em alvenaria convencional.

O concreto utilizado e especificado para moldagem das paredes de concreto é auto-adensável de resistência característica de projeto (f_{ck}) de 25MPa com brita 0, fornecido por central dosadora de concreto da cidade de Uberlândia.

4.2 Levantamento das patologias

Para o levantamento da manifestação das patologias do residencial, foi analisada a primeira torre construída. A obra tinha disponível para a realização das concretagens dois jogos de formas, as quais eram concretadas simultaneamente. Cada jogo de forma representa um apartamento, ou seja, a cada ciclo de montagem de formas são concretados 2 apartamentos, e feito o levantamento da manifestação das patologias. Cada pavimento contém 8 apartamentos, ou seja, 4 concretagens e, conseqüentemente, 4 análises.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentado, primeiramente, o levantamento das manifestações das patologias identificadas na obra analisada. A metodologia do trabalho foi dividida em cinco etapas:

1. Realização de inspeções visuais dos apartamentos;
2. Análise dos problemas, quantitativamente e qualitativamente;
3. Investigação das possíveis causas dos problemas identificados;
4. Análise da solução de reparo e de medidas preventivas utilizadas na obra;
5. Propor um novo procedimento de execução da parede de concreto.

O estudo de caso foi realizado durante a construção do empreendimento em 2019. A primeira etapa foi realizada semanalmente a fim de se obter uma melhor qualidade no levantamento de dados. A etapa subsequente, análise dos problemas quantitativamente e qualitativamente, foi realizada a fim de se obter uma real dimensão do problema após a concretagem de cada bloco.

A etapa de investigação das possíveis causas foi crucial para o entendimento dos problemas e para que estes não voltassem a ocorrer. Na quarta etapa, foi feita uma análise junto com os gestores de obra para a realização da terapia dos problemas e as medidas a serem tomadas para que estas anomalias não voltassem a aparecer. A quinta e última etapa, consistiu na elaboração de um novo procedimento de execução desse sistema construtivo, adotando comentários importantes para reduzir as manifestações patológicas. As seguintes patologias foram levantadas:

- **Fissuras a 90°:**

Estas patologias são fissuras que formam um ângulo de 90°, podendo ser causada por diferentes motivos, dentre eles:

- Retração Térmica;
- Retração Hidráulica;
- Falta de cura;
- Desforma com muito impacto;

- Armadura insuficiente;

As soluções adotadas para diminuir a fissuração foram: maiores cuidados ao realizarem a desforma, a conferência da armadura e com o processo de cura. Também foi aumentada a quantidade de escoras. O tratamento da fissura já existente, no caso exemplificado na Figura 15, consistiu na escarificação da viga, reforço na armadura e uma nova concretagem, utilizando forma de madeira.

Figura 15 – Fissura de 90° na viga em balanço



Fonte: Autor (2019)

- **Fissuras a 45°**

Analogamente ao item anterior, esta anomalia causa fissuras que formam um ângulo de 45°. A principal causa desta patologia está relacionada com a quantidade insuficiente de armadura ou então seu mau posicionamento no local onde apareceram as fissuras. O tratamento da anomalia

era o fechamento com argamassa rica em cimento. A Figura 16 ilustra um exemplo desta patologia próximo a porta.

Figura 16 – Fissura de 45° na parede



Fonte: Autor (2019)

- **Defeitos localizados na superfície do concreto na parede**

Os defeitos podem ser em pontos pequenos e isolados ou em grande parte da parede em maiores áreas, localizados na superfície do concreto. Esta patologia verifica-se normalmente por pontos de afloramento de brita na superfície do concreto.

A existência destes defeitos após a desforma era comum, pelo fato da espessura da parede ser de apenas 10 cm e a altura de lançamento do concreto ser elevada, o adensamento adequado era difícil e as bolhas de ar não conseguiam subir até a superfície para estourar.

Outro motivo que pode ter levado a essas falhas construtivas é a falta de limpeza das formas,

visto que quanto mais limpa se encontra a forma, menor o atrito que ela transfere para as bolhas de ar e maior a facilidade da bolha chegar até a superfície para liberar o ar. Para corrigir esta patologia, era aplicada argamassa nos defeitos encontrados. Na Figura 17, pode-se notar o afloramento de brita contida no concreto na superfície da parede.

Figura 17 – Defeito superficial na parede



Fonte: Autor (2019)

- **Defeitos localizados na superfície do concreto na laje**

A verificação da patologia tem as mesmas características do item descrito anteriormente, porém era verificado a sua ocorrência na laje. A Figura 18 representa defeitos localizados na superfície do concreto na laje. O tratamento também é o mesmo citado no item anterior, com aplicação de argamassa nestas anomalias.

Figura 18 – Defeito superficial na laje



Fonte: Autor (2019)

- **Armadura exposta**

Esta patologia ocorre devido à falta de cuidados com o posicionamento da armadura, podendo ser por falta de espaçadores. Sendo assim; torna-se necessário a recuperação da mesma para evitar a sua posterior corrosão.

As causas que levaram a existência dessa falha construtiva na obra foram a falta de adensamento adequado e/ou a falta de espaçadores. Ao identificar o problema, a equipe passou a tomar maiores cuidados com a vibração do concreto, como foi dito anteriormente e os funcionários foram orientados sobre a importância do uso do espaçador de maneira correta.

Quando havia armaduras expostas, o concreto ao lado da armadura era regularizado e a parede era grauteada para que voltasse a ser monolítica. Durante a análise feita, foram encontradas diversas paredes, lajes e vigas com a armadura exposta. As Figuras 19 e 20 ilustram alguns dos casos.

Figura 19 – Armadura exposta na parede



Fonte: Autor (2019)

Figura 20 – Armadura exposta na viga



Fonte: Autor (2019)

- **Falha de cobrimento do concreto deixando o eletroduto aparente**

Esse problema é causado pela incorreta fixação do eletroduto na tela metálica ou falta de espaçadores nas laterais do eletroduto. O eletroduto utilizado na obra tem cor alaranjada o que facilita a visualização da patologia na parede ou laje.

Para evitar que esta anomalia continuasse ocorrendo, a equipe foi orientada a tomar maior cuidado com a fixação dos eletrodutos e com a quantidade de espaçadores.

O tratamento para as paredes que apresentaram eletrodutos expostos foi escarear o concreto do entorno dos eletrodutos e forçá-los para dentro da parede. Por fim, realizava-se o fechamento com graute. A Figura 21 ilustra um eletroduto exposto na parede de um dos apartamentos.

Figura 21 – Eletroduto exposto na parede



Fonte: Autor (2019)

- **Contramarco danificado**

Na montagem das formas das esquadrias, as mesmas possuem caixilho de sua forma e tamanho, que após o lançamento do concreto, já ficam com o contramarco de concreto, facilitando a fixação das esquadrias. A visualização da patologia é feita pela falta do contramarco ou parcialmente quebrado.

Este problema é causado principalmente devido ao mau travamento das placas. A equipe também foi orientada quanto a este problema, sendo solicitado que o fechamento das formas fosse verificado com mais atenção. O tratamento para esta patologia era o preenchimento do local com graute. A Figura 22 representa o contramarco da porta parcialmente quebrado.

Figura 22 – Contramarco de esquadria danificado



Fonte: Autor (2019)

- **Abertura entre as placas metálicas**

Este problema é devido à abertura entre as placas pela incorreta fixação entre elas, causando um ressalto na parede, com grande perda de concreto no momento da concretagem, conforme apresentado na Figura 23, e grande aumento da espessura da parede indesejadamente. Após a retirada das placas é necessário o apicoamento da superfície e posterior correção com argamassa.

Verificou-se que diversas paredes estavam fora de prumo e esquadro, em razão do deslocamento da forma. Para tratar as paredes com esta falha construtiva, realizava-se uma análise para saber se o melhor procedimento era o enchimento destas paredes ou a escarificação.

Figura 23 – Desperdício de concreto causado pela abertura das placas



Fonte: Autor (2019)

- **Espaçadores expostos**

Esta anomalia ocorre quando os montadores, ao fixar as placas de alumínio, deixam os espaçadores no encontro entre delas. Com o mau posicionamento destas peças, os eletrodutos e armaduras tendem, também, a ficar expostos.

A Figura 24 retrata um espaçador que ficou exposto após a concretagem das paredes. Pode-se notar que o mesmo está localizado na junta entre placas. O tratamento para esta patologia era a remoção da peça.

Figura 24 – Espaçador exposto



Fonte: Autor (2019)

- **Entupimento de eletrodutos**

Esta patologia é causada pela entrada de concreto nos eletrodutos, tanto por falta de atenção da equipe ou pelo rompimento do eletroduto durante o processo da concretagem, o que causava grande prejuízo para a obra no momento de corrigir esse defeito.

O procedimento para a correção era, primeiramente, com a passagem de um cabo guia, descobrir onde os eletrodutos apresentavam o entupimento. Posteriormente, o local onde o eletroduto estava entupido era quebrado para a substituição do mesmo somente na área obstruída. A Figura 25 mostra um eletroduto rompido durante a concretagem, enquanto a Figura 26 ilustra a quebra do concreto para correção desta anomalia.

Figura 25 – Eletroduto rompido durante a concretagem



Fonte: Autor (2019)

Figura 26 – Quebra da laje para troca de eletroduto entupido



Fonte: Autor (2019)

- **Friso entre pavimentos na fachada**

Essa patologia ocorre nas faces das fachadas entre os pavimentos causando um friso, que posteriormente deverá ser tratado para evitar infiltração.

Existe uma peça na forma que se chama painel de ciclo, que era utilizado para fazer a transição de um pavimento para o outro. Este painel, após a concretagem, fazia com que a fachada ficasse com um pequeno friso, utilizado para corrigir possíveis imperfeições causadas pela força do concreto. Sendo assim, adotou-se o uso de uma moldura entre os pavimentos para esconder o

problema.

A Figura 27 mostra o friso entre pavimentos na fachada. Na Figura 28, temos a solução adotada para esconder o problema.

Figura 27 – Friso entre pavimentos



Fonte: Autor (2019)

Figura 28 – Moldura utilizada no friso



Fonte: Autor (2019)

- **Caixas elétricas desalinhadas e fora de esquadro**

Esta anomalia ocorre quando, o grampo acoplado à caixa, que era feito para fixá-la nas telas de aço, não conseguia resistir aos esforços do concreto de forma eficiente.

Para evitar que esta patologia continuasse ocorrendo, as caixas elétricas passaram a ser verificadas com maior rigorosidade. A solução adotada, para a correção das caixas elétricas desalinhadas e fora de esquadro, foi a quebra do concreto para que estas fossem recolocadas alinhadas e no esquadro.

Na Figura 29, temos duas caixas elétricas desalinhadas e fora de esquadro. A Figura 30

representa a correção deste problema, citada anteriormente.

Figura 29 – Caixas elétricas desalinhadas e fora de esquadro



Fonte: Autor (2019)

Figura 30 – Quebra do concreto para realocação da caixa elétrica



Fonte: Autor (2019)

5.1 PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DA PAREDE DE CONCRETO

5.1.1 Condições para início do serviço

5.1.1.1 Medidas de segurança

Utilizar todos equipamentos de proteção individual (epi) e coletiva (epc) conforme orientado no treinamento de integração de segurança no trabalho.

5.1.1.2 Materiais necessários para execução do serviço

- Arame recozido;
- Vergalhão;
- Concreto;
- Formas metálicas;
- Cunhas, pinos, faquetas, protetor de faqueta (para forma de alumínio);
- Tela de aço;
- Giz de cera;
- Desmoldante;
- Material elétrico;
- Espaçadores;
- Bate linha;

5.1.1.3 Atividades preliminares

- Projeto de forma e armações das paredes de concreto liberado para uso;
- Etapa de baldrame/contra piso concluída;
- Limpeza do local, retirando toda a poeira e materiais soltos;
- Pessoal alocado com ferramentas adequadas;
- Pessoal treinado no procedimento específico;
- Projeto elétrico e hidrossanitário liberado para uso;
- Projeto de montagem das formas, travamentos e plataformas de trabalho (se for o caso);
- Formas com aplicação de desmoldante.

5.1.2 Passo a passo para execução do serviço

5.1.2.1 Marcação da parede

- Fazer marcação com arranques de aço no contrapiso/viga baldrame/laje para delimitar o posicionamento do local onde serão locadas as telas soldadas, esta marcação será realizada de acordo com marcação de projeto.
- Com bate linha, marcar as faces externas onde serão fixadas as formas, e utilizar espaçador GP para auxiliar no seu correto posicionamento (caso necessário), como podemos ver na Figura 31.
- Na marcação do pavimento térreo deve ser feito a impermeabilização do contrapiso/viga baldrame onde irá as paredes, como mostra a Figura 32;
- Logo após a marcação das paredes, realizar a marcação das cantoneiras/esquadros para montagem da forma conforme projeto.

Figura 31 – Marcação das paredes e posicionamento das telas



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

Figura 32 – Marcação do posicionamento das telas



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

5.1.2.2 Montagem das telas e vergalhões

- Providenciar montagem das telas soldáveis, as mesmas devem ser instaladas de acordo com os arranques fixados no contrapiso/laje e amarradas com arame, como podemos ver na Figura 33;
- Recortar vãos de portas e janelas de acordo com especificações no projeto estrutural das formas;
- Fazer instalações dos vergalhões (reforços) no entorno das portas e janelas de acordo com especificações do projeto estrutural, conforme mostra a Figura 34;
- Fazer instalação de reforços conforme projeto estrutural;

IMPORTANTE: Atentar para o correto posicionamento dos espaçadores nas telas para garantir o cobrimento da armadura no interior das formas, conforme solicitado no projeto estrutural, como podemos ver na Figura 35. A quantidade de espaçador deve ser suficiente para garantir que nenhuma parte da tela fique em contato com a forma. A instalações dos vergalhões de reforço no entorno das esquadrias, também devem ser feitos com muito cuidado e atenção, evitando o surgimento de trincas.

Figura 33 – Montagem das telas



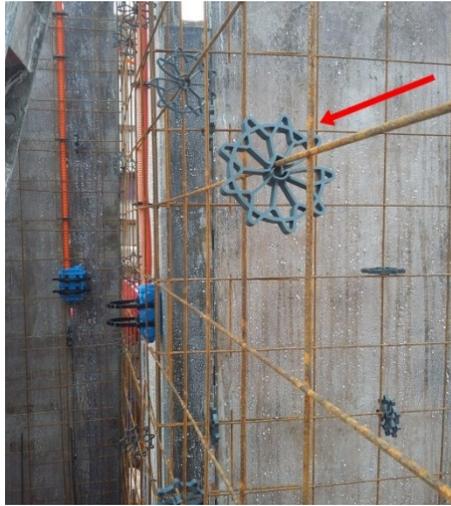
Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

Figura 34 – Reforços de armação entorno das janelas



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

Figura 35 – Espaçadores para garantir o cobrimento das telas, conforme projeto



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

5.1.2.3 Instalações elétricas

- Após a conclusão da instalação das telas soldáveis de aço, devem ser iniciadas as amarrações das tubulações elétricas;
- Fazer amarração dos condutores, caixas elétricas nas telas soldáveis com arame recozido, espaçador CE / fixador de conduites ou abraçadeira de nylon, como mostra a Figura 36;
- Para os conduites, as amarrações devem ser realizadas de 50 em 50 centímetros na tela, para evitar seu deslocamento no momento da concretagem;
- As caixas elétricas devem ser fixadas com espaçadores que garantem seu correto posicionamento e alinhamento após a desforma, conforme Figura 37.
- Caixas elétricas com tamponamento das mesmas, evitando entupimento durante a concretagem;
- Verificar alturas, posicionamento e espaçamento de pontos elétricos conforme projeto.

IMPORTANTE: Atentar para a correta fixação dos condutores e das caixas elétricas nas telas soldáveis, para garantir o cobrimento da tubulação no interior das formas e o posicionamento adequado das caixas elétricas. A quantidade de amarração deve ser suficiente para garantir que nenhuma parte dos condutores fique em contato com a forma.

Figura 36 – Amarração dos condutores



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

Figura 37 – Quadro de distribuição e caixa elétrica fixadas na tela com espaçador

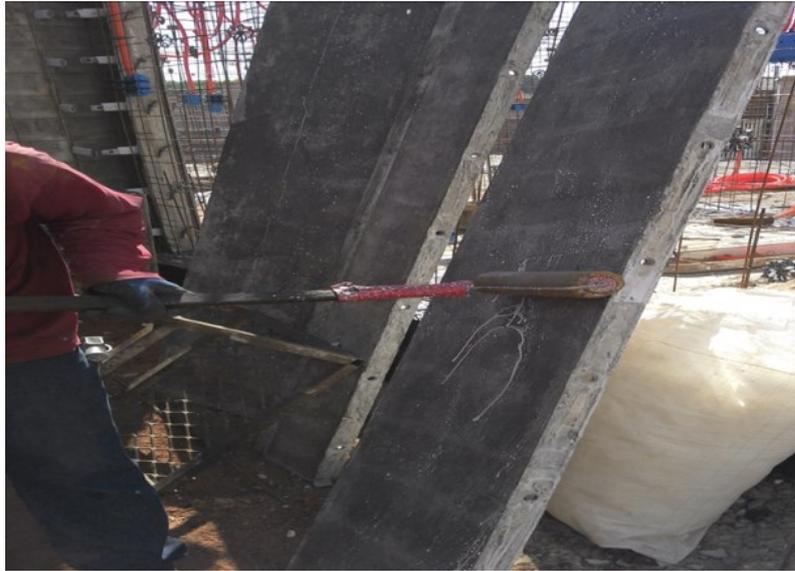


Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

5.1.2.4 Montagem das formas de alumínio

- Antes de iniciar a montagem das formas, aplicar desmoldante na parte interna da mesma, com rolo, garantindo cobertura de toda forma, conforme Figura 38;

Figura 38 – Aplicação de desmoldante nos painéis



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

- A montagem das formas deve ser realizada através da montagem das telas já posicionadas e fixas no contrapiso/laje, as telas devem ficar na posição definida em projeto com os espaçadores;
- Deve ser feito a conferência das caixas elétricas em relação ao alinhamento e nivelamento antes de fazer o fechamento dos painéis;
- Depois de realizado a conferência de toda tubulação, deve ser feito a montagem das formas;
- É realizado o escoramento da laje de acordo com projeto;
- Entre uma forma e outra deve ser colocado os espaçadores para garantir o vão das paredes (definido em projeto);
- As faquetas deverão ser inseridas em envoltório (protetor de faqueta) antes de ser pinado na forma;
- Os pinos devem ser locados dentro das faquetas e fixos com as cunhas, as mesmas não devem ser “apertadas” no momento da instalação, deve alinhar as paredes para posterior travamento total com as cunhas, como mostra a Figura 39;
- Conferir os alinhadores e esquadros, conforme projeto;
- Ao término da montagem das formas da estrutura, pode-se iniciar a instalação dos oitões, que devem ser montados com referência as formas das paredes até o respaldo;
- Conferir montagem de cunha, pinos e espaçadores no travamento das formas;
- Após a montagem e conferência da forma é realizado o nivelamento da laje com auxílio

de um aparelho de nível, onde é definido um ponto de referência e distribuído através do pano da laje, regulando por meio das escoras metálicas;

- Utilizar areia, ou materiais reutilizáveis (como embalagem de cimento) como vedação nas bases das formas, evitando escorrer concreto devido alguma irregularidade do contra piso;

IMPORTANTE: Deve ser conferido todos os travamentos da forma metálica antes do início da concretagem, para evitar que ocorra o vazamento/desperdício de concreto e, consequentemente, retrabalho para montá-lá novamente.

Figura 39 – Pinos, faqueta e cunhas



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

- Critérios de aceitação:
 - Desaprumo individual: $\leq 5\text{mm}$ ou $h/500$ (adotando-se o menor valor, sendo h a altura do pavimento, expressa em milímetros);
 - Desaprumo global para edifícios de múltiplos andares: $\theta = 1/(170*\sqrt{H})$ (onde θ é o ângulo de desaprumo, expresso em radianos e H é a altura da edificação, expressa em metros);
 - Alinhamento: 20mm (ondulações no meio das paredes internas, no caso de correções com gesso corrido):

- Nivelamento inferior da laje: 10mm;
- Esquadro: 7mm/m;
- Medidas de vãos de esquadrias de alumínio: 5mm;
- Instalações elétricas: 30mm;

5.1.2.5 Concretagem das paredes de concreto

- O concreto usinado deve ser programado antecipadamente, para evitar atrasos;
- Laboratorista deve ser comunicado antecipadamente sobre a concretagem das paredes, para programar *slump test*, *slump flow* e corpos de prova antes da concretagem, conforme Figura 40;
- Para realizar a concretagem, utilizar bomba estacionária ou lança;
- O concreto deve ser lançado cuidadosamente e distribuído uniformemente para evitar o acúmulo em uma determinada área e assim deslocar as demais formas;

Figura 40 – Ensaios de *slump test*, *slump flow* e moldagem dos corpos de prova



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

- No ato de concretagem da forma, durante o preenchimento das paredes, não movimentar o mangote. O correto é posicionar o final do mangote (lançamento) de forma horizontal, ao nível da laje, lançando o concreto nas paredes através de um ponto central até que todas as paredes sejam preenchidas até o nível de fundo da laje. Então inicia-se a concretagem da laje partindo dos cantos ao centro para facilitar o acabamento da superfície da laje. Desta forma, evita-se que a forma se desloque no momento da concretagem.

- Aplicar concreto adequado, com *slump test*, *slump flow*, dimensão máxima da brita e *fck* conforme solicitado em projeto. A Figura 41 ilustra a aplicação do concreto com bomba;
- Atentar para tempo de usinagem do concreto. Não aplicar concreto com tempo superior ao recomendado em norma ou que apresente característica de início de pega (aquecimento e perda de fluidez);

Figura 41 – Aplicação do concreto com bomba



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

IMPORTANTE: O concreto não deve ser lançado diretamente nas paredes, pois este ato pode danificar/mover as instalações elétricas e a armadura. O mesmo deve ser direcionado sobre a laje e, devido a sua grande fluidez, escoar em direção as paredes. O concreto não deve ser lançado, em nenhuma hipótese, nos seguintes casos: tenha iniciado a pega ou esteja contaminado (com solo ou quaisquer outros materiais).

- Fazer limpeza do local no momento da concretagem, evitando que o concreto derramado venha a secar, dificultando a limpeza;
- Após concretagem e a cura do concreto, deve ser iniciada a desforma (não bater nas formas caso elas estejam difíceis de serem removidas e sim, verificar o motivo dessa dificuldade);
- Remover, fazer limpeza e separação dos acessórios (faquetas, cunhas e pinos). Para facilitar a retirada das faquetas, é recomendado removê-las logo após a retirada das formas ou/em período de 24 horas após a concretagem;

- Utilizar o pino do saca formas no furo do espaçador para possibilitar sua retirada (não bater nos espaçadores para forçar sua saída, isso danifica a peça e consequentemente a estrutura concretada quebrando-a na saída do rasgo);
- Utilizar o saca formas para a retirada dos painéis;
- Após todas as desformas deve ser efetuada a limpeza minuciosa dos painéis, para que possam ser reutilizados sem o acúmulo de concreto;
- Após a desforma, manter pontos de reescora conforme solicitado em projeto, Figura 42.
- Fazer a limpeza dos painéis e remoção de todo o entulho produzido.

Figura 42 – Ponto de reescora conforme previsto em projeto



Fonte: Arquivo fornecido pela construtora (2019)

5.1.2.6 Pós-desforma

- Cura da parede de concreto: enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais, diminuindo a possibilidade do surgimento de fissuras. Caso ocorra a secagem prematura, também é possível que o concreto não atinja a resistência e a durabilidade adequadas;
- Check-List Elétrica: de acordo com definição do engenheiro da obra, é passado arame (trena) por toda a tubulação para verificar possíveis entupimentos, se verificado fazer imediatamente os reparos necessários. Verificar alinhamentos das caixas elétricas e conferência de todos os pontos de acordo com projeto;

- Estucamento e lixamento: retirar as faquetas da forma de alumínio e fazer o preenchimento no local onde estavam os mesmos;
- Fazer o preenchimento de possíveis falhas (“bicheiras”);
- Fazer a limpeza do piso/laje, retirando o excesso de concreto proveniente da concretagem. Quando necessário, realizar o lixamento das paredes nos locais de encontro das placas, garantindo a planicidade da parede;
- Limpeza geral e logística de sobras de materiais que serão utilizados para a próxima frente;
- Todo o material excedente após o término do serviço deve ser imediatamente relocado para a próxima frente, evitando sujeira na obra e desperdício de materiais.

6 CONCLUSÃO

Constatou-se, neste trabalho, que o sistema construtivo de paredes de concreto, mesmo sendo considerado industrializado e ter como principal vantagem a sua produtividade, apresentou, nesse estudo de caso, várias patologias como fissuras, “bicheiras”, armadura e instalações elétricas expostas, entre outras, gerando retrabalho e, por consequência, diminuindo a sua produtividade. A principal causa das falhas encontradas estavam relacionadas a erros de execução, não sendo provenientes do sistema construtivo.

Para usufruir das vantagens que o sistema construtivo de paredes de concreto oferece, é necessário que não haja retrabalho nem anomalias. É essencial, ter uma mão de obra qualificada e treinada tanto para execução como para acompanhamento e verificação dos serviços executados e a se executar.

Foi necessário treinamento da equipe de produção para evitar a reincidência dos casos em quase todos os problemas encontrados. Sendo assim, tornou-se claro a necessidade de uma mão de obra capacitada para execução das etapas construtivas desse sistema.

As ações preventivas e soluções adotadas durante a execução desse empreendimento se mostraram capazes de solucionar grande parte dos problemas encontrados. A exposição dos mesmos visa servir para evitar a manifestação das patologias em outras construções que utilizem esse sistema.

Por fim, fica demonstrado a importância do controle e da qualidade durante a execução desse sistema construtivo, a fim de evitar retrabalhos que gerem gastos não previstos e prejudiquem a industrialização construtiva que este sistema proporciona.

REFERENCIAS

ABCP. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/>>. Acesso em 05 de maio 2019.

ARÊAS, Daniel Moraes. **Descrição do Processo Construtivo de Parede de Concreto Para Obra de Baixo Padrão**. 2013. 75. TCC – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 16055:2012: **Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2012.

BOTELHO, M.H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. São Paulo: Edgar Blucher, 2004.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.

CICHINELLI G. C. **Como comprar e utilizar fôrmas metálicas**, 2009. Disponível em <<http://www.sh.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1888&sid=317>> acesso em: 30 abr. 2019.

CORRÊA, Júlio Marcelino. **Considerações sobre projeto e execução de edifícios em paredes de concreto moldados in loco**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

D'AMBROSIO D. **Sistema industrial chega à construção**, 17 ago. 2009. Disponível em <<http://www.meujornal.com.br/para/jornal/materias/integra.aspx?id=991006>> acesso em: 25 abr. 2019.

FIABANI, V. **Edificações com paredes de concreto: Fatores que influenciam no surgimento de defeitos na superfície das placas**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

FILHO, Claudio V. Mitidieri; SOUZA, Julio Cesar Sabadini de; BARREIROS, Thiago Salaberga. **Sistema Construtivo de Paredes de Concreto Moldadas no Local: Aspectos de Controle da Execução**. Concreto e Construções, Jun. 2013.

HELENE, Paulo R.L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992. 119 p.

“Inspeção Predial I: check-up predial I: guia da boa manutenção”, Ibape /SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo, editora Leud, 2ª edição, 2009.

JUSTUS P. Construção de casa entra na fôrma, **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 17 ago. 2009. Disponível em <<http://www.solucoesparacidades.com.br/habitacao/construcao-de-casa-entra-na-forma>> acesso em: 25 abr. 2019.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MARIO, M. **Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para avaliação de manifestações patológicas ocultas**. 2011. 60 f. Trabalho de diplomação (graduação em engenharia civil). Departamento de engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MIOTTO, A. **Avaliação das patologias no sistema construtivo em paredes de concreto moldadas no local para edifícios residenciais**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MIOTTO, DANIELA. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR**. Monografia (Bacharelado em Especialização em Construção de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Como Construir Paredes de Concreto**, Revista Técnica, Edição 147. Jun. 2009.

NUNES, V.Q.G. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PINI. **Parede de concreto X Alvenaria de blocos cerâmicos**, 2009. Disponível em <<http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/108/parede-de-concreto-x-alvenaria-de-blocos-ceramicos-industrializacao177432-1.asp>> acesso em: 30 abr. 2019.

SILVA, Fernando. **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. Revista Técnica, Edição 167. Fevereiro, 2011.

TAKATA L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: Estudo de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

TECNOSIL. **Paredes de Concreto Moldadas In Loco: O que são e por que usá-las na sua obra?**, 2019. Disponível em < <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>> acesso em: 26 abr. 2019.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989