

## Estudo de caso do controle de qualidade e produção em edificações de parede de concreto armado no município de Catalão – GO

Thays Pereira da Silva

Universidade UNA de Catalão – Campus Santo Antônio  
Jéssica Ferreira Borges; Professor Orientador, Curso de Engenharia Civil  
thayspereiras@gmail.com

### Resumo

Com o avanço de técnicas, vários métodos construtivos têm sido empregados na construção de diferentes tipos de edificações. No Brasil, tem se expandido a utilização do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local, principalmente no que diz respeito ao emprego em unidades habitacionais populares, por serem construídas em larga escala. Com isso, torna-se imprescindível o desenvolvimento de estudos e análises referentes a esse método construtivo, identificando quais as suas vantagens e possíveis desvantagens, e detalhando suas etapas, a fim de contribuir para o conhecimento do método, além de contribuir para que cada vez mais haja melhorias em sua utilização. Neste contexto, este trabalho apresenta um estudo de caso referente a uma obra de loteamento com habitações populares localizada no município de Catalão-GO, no qual são identificadas as etapas do processo de execução e as medidas de controle de qualidade aplicadas na obra, tendo como referência as premissas normativas contidas na NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), bem como as recomendações da literatura disponível. Durante o trabalho, é abordada a importância do controle de qualidade e sua influência sobre o tempo e os recursos necessários para a execução.

*Palavras-Chave: Produção, Métodos Construtivos, Paredes de Concreto, Execução, Controle de Qualidade.*

### Abstract

With advance of techniques, several construction methods have been used in the construction of different types of buildings. In Brazil, the use of constructive system of concrete walls molded in place has been expanded, mainly with regard to the use in popular units, because they are built on a large scale. So, it is essential to develop studies and analyzes referring to this constructive method, identifying its advantages and possible disadvantages, and detailing its stages, in order to contribute to the knowledge of the method, in addition to contributing so that each time more there are improvements in its use. In this context, this work presents a case study referring to a allotment work with popular housing located in the municipality of Catalão-GO, in which the stages of the execution process and the quality control measures applied to the work are identified, having as reference to the normative premises contained in NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), as well as the recommendations of the available literature. During the work, the importance of quality control and its influence on the time and resources needed for execution are addressed.

*Keywords: Production, Construction Methods, Concrete Walls, Execution, Quality Control.*

## 1. INTRODUÇÃO

A partir do período de Revolução Industrial no Brasil, iniciado em 1930, houve um deslocamento de grande parcela da população rural para o cenário urbano, impulsionado pela busca de novas oportunidades de trabalho. Em decorrência disso, cresceu significativamente a demanda por infraestrutura, habitação e transporte nas cidades. Para sanar o problema, o governo passou a investir em programas de habitação de interesse social. Desde então, a população urbana tem aumentado, o que justifica a alta demanda por moradias (ÁLVARES, 2018).

Com a demanda habitacional, fez-se necessário adoção de sistemas construtivos compatíveis com a necessidade de se construir de modo rápido e planejado, reduzindo a perda de materiais e ampliando a produção, de onde surgiu a utilização do sistema de parede de concreto. Esse sistema foi utilizado, inicialmente, por volta de 1979, em municípios de Minas Gerais e, na década de 80, em casas populares de Natal e Manaus (VIEIRA, 2014).

Em 2009, com o investimento do governo federal no setor da construção civil, foi anunciado o programa habitacional Minha Casa Minha Vida (MCMV), com 60% das habitações voltadas para a população de baixa renda, o que atraiu o interesse de construtoras e movimentou a economia do país. Com o grande volume de obras, pensando na racionalização do processo construtivo e na obtenção de qualidade e lucro, passou-se a utilizar, frequentemente, o sistema de parede de concreto armado moldada no local (SANTOS, 2013).

Santos (2013) explica que o sistema de paredes de concreto desempenha funções de vedação e estrutural. Com isso o sistema construtivo se diferencia da execução de alvenaria comum. Para execução do sistema de paredes de concreto, deve-se atentar ao nivelamento da fundação, para garantir montagem do sistema de formas. Recomenda-se a construção de uma laje/piso na cota do terreno para apoio do sistema de formas. Após isso é posicionada a armação e são fixadas as instalações, para posterior montagem das formas, conforme projeto de montagem, com posterior concretagem e desforma. Vale destacar que as formas possuem gabaritos para as esquadrias. Já na alvenaria convencional, feita com blocos cerâmicos, o processo executivo se inicia com a locação da primeira fiada e assentamento das demais considerando juntas considerando posição e espessura vide projeto executivo, com recomendação de moldagem de vergas e contravergas nas aberturas para esquadrias e encunhamento na região de contato com a estrutura da edificação. Caso a alvenaria em blocos tenha função de vedação, as instalações são posicionadas com recortes na alvenaria e, no caso de alvenaria estrutural, não há recortes nos blocos, e a passagem das instalações ocorre pelos furos do próprio bloco.

Segundo Lara e Pilonetto (2016), quanto ao sistema construtivo das paredes de concreto, há um aumento na qualidade dos serviços, tanto na execução quanto na fase de acabamento final, devido à precisão de dimensionamento das formas, produção controlada de aço, concreto e tela e ao maior planejamento dos serviços. A precisão dimensional garante maior planicidade às paredes, dispensando regularização superficial com argamassa. Além disso, existem outras vantagens, como elevada produtividade da mão-de-obra, decorrente do planejamento e execução sequenciada dos serviços em ritmo contínuo, aumentando a velocidade da execução e facilitando o cumprimento de prazos, impactando em uma economia global no empreendimento. Ressalta-se, também, uma menor necessidade de mão-de-obra, a redução dos desperdícios, e o ganho de área útil dos ambientes, visto que as paredes são menos espessas que as paredes tradicionais de alvenaria.

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) aborda os requisitos mínimos para a moldagem das paredes de concreto *in loco*, com a utilização de formas removíveis. Com isso, são explicitadas as condições de sua validade: edifícios simplificados de até cinco pavimentos; vão máximo das lajes de até 4 m; sobrecarga máxima de até 300 kgf/m<sup>2</sup>; pé direito máximo de 3 m; e dimensões em planta de até 8 m. A norma não se aplica a paredes de concreto pré-moldadas ou com formas incorporadas, bem como a paredes em curva ou submetidas predominantemente a carregamento horizontal, além de paredes de contenções, fundações ou solo grampeado.

A norma ainda afirma que, para a execução das paredes de concreto, deve haver um plano de qualidade para a obra, constando: a relação de materiais, com especificação, procedimentos de controle e aceitação; a relação de serviços de execução controlados, com os respectivos processos de execução e inspeção; e a identificação das especificidades, quanto à manutenção das formas. Ressalta-se, ainda, que o projeto de formas e escoramentos, detalhes embutidos ou vazados e de instalações devem ser atestados pelo projetista estrutural. Quanto aos requisitos para o canteiro de obras, o recebimento, armazenamento e aplicação de materiais e equipamentos, aplicam-se os mesmos ditados pela NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Como viés do sistema construtivo em questão, pode-se citar o alto custo inicial com as formas, que é compensando ao se repetir o processo da mesma tipologia; limitação do projeto em função da largura dos painéis; impossibilidade de modificações internas, visto que as paredes também desempenham função estrutural na edificação; possibilidade de surgimento de fissuras; e aumento no custo em caso de retrabalho, pois exige que parte do concreto seja quebrada e novamente preenchida, resultando em acréscimos com mão-de-obra e material (LARA; PILONETTO, 2016).

Diante das vantagens apresentadas, a utilização do sistema de paredes de concreto pode resultar em economia no custo da obra, no que se refere a tempo e materiais e equipamentos, desde que respeitados os requisitos executivos da NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), a fim de se evitar quaisquer transtornos que possam vir a ocorrer, invalidando seus benefícios. Neste cenário de desenvolvimento de novas tecnologias construtivas e devido à sua grande aplicação, juntamente ao fato de que a técnica construtiva citada e seus detalhes não são vistos na graduação, neste trabalho será abordado um estudo de caso apontando a metodologia de produção e o controle de qualidade no emprego dessa tecnologia, em Catalão-GO.

Com isso, o objetivo desta pesquisa é apresentar os pontos necessários para garantir uma boa produção e o controle de qualidade de casas unifamiliares construídas no município de Catalão-GO, proporcionando maior conhecimento sobre o método construtivo das paredes de concreto de modo geral e na realidade local, analisando o cumprimento de requisitos executivos em concordância com a norma citada e apresentando possíveis melhorias.

## 2. SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA EDIFICAÇÕES POPULARES

O sistema construtivo mais comumente utilizado em território nacional ainda é a alvenaria em blocos, na grande maioria das vezes, cerâmicos. Porém, com a necessidade da industrialização dos processos construtivos, com racionalização de tempo e recursos, foram abertas portas para introdução de outros sistemas construtivos no Brasil, inclusive nas construções populares, em virtude da alta demanda nos últimos anos.

Segundo Álvares (2018), quando foi implantado, o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), em sua primeira fase (2009 a 2011), as moradias se dividiam em faixas salariais, sendo uma das categorias mais difundidas o Minha Casa Minha Vida Entidades, com duas tipologias para as habitações, sendo a primeira tipologia casas térreas de 35 m<sup>2</sup> e a segunda tipologia apartamentos de 42 m<sup>2</sup>, ambas construídas com alvenaria convencional, em blocos. Com a necessidade e o desenvolvimento de sistemas inovadores de construção e o incentivo de utilização pelo programa, buscando construções mais rápidas e baratas, alguns outros sistemas passaram a ser utilizados, como o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, paredes em PVC e concreto, *Steel Frame*, blocos de EPS, grandes painéis cerâmicos pré-fabricados, paredes pré-moldadas em concreto, entre outros tipos de sistemas. Além disso, há outros sistemas, como a alvenaria estrutural e o *Wood Frame*.

Na alvenaria de vedação, tradicional, há, geralmente, uma estrutura em concreto armado, e a alvenaria separa apenas os ambientes. Normalmente, são utilizados blocos cerâmicos. Entre suas vantagens, estão: suporta grandes vãos, grande disponibilidade de mão-de-obra e materiais, pouca exigência de qualificação da mão-de-obra, facilita reformas e mudanças no projeto. Em contrapartida, possui um custo relativamente maior, com maior tempo para execução e gera muitos resíduos. Já a alvenaria estrutural possui função de vedação e estrutural simultaneamente, podendo utilizar blocos cerâmicos ou de concreto; a projeto desse sistema construtivo deve ser bem detalhado, com as instalações já compatibilizadas. Também deve-se definir os vãos conforme a modulação do bloco utilizado. Esse tipo de sistema exige mão-de-obra mais especializada, e tem como vantagens: rapidez e facilidade de construção, redução da mão-de-obra, maior economia e menor desperdício de materiais. Já como desvantagens, tem-se: impossibilidade de remoção das paredes sem colocação de elemento estrutural para suprir as cargas, limitações nos projetos arquitetônicos e nos vãos das edificações (PEREIRA, 2018).

Já o sistema de *Steel Frame*, de acordo com Hass e Martins (2011), é composto com um esqueleto estrutural composto por painéis em perfis metálicos leves (aço galvanizado). São inclusos vários componentes e subsistemas, como fundação, isolamento termo-acústico, de fechamento interno e externo, de instalações etc. Como vantagens, destaca-se: maior área útil (seções dos elementos mais esbeltas), flexibilidade (em situações de adaptações, ampliações, reformas etc.), menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra (utilização de sistemas industrializados, com redução dos desperdícios), alívio de cargas nas fundações (elementos mais leves), organização do canteiro de obras, reciclabilidade, preservação do meio ambiente, precisão construtiva, entre outras. Como desvantagens, pode-se citar a limitação dos pavimentos e a necessidade de mão-de-obra especializada.

No que diz respeito ao *Wood Frame*, Spaniol (2018) afirma que é um método construtivo cujo principal material estrutural é a madeira, com um esqueleto composto por ripas em que, a partir das inovações nas serrarias e máquinas, é possível se obter seções de madeira finas e com maior rapidez, com industrialização dos processos. É composto por fundações (mais comum o radier), pisos (utilização de *decks* e chapas cimentícias nas áreas molhadas), paredes (montantes verticais de madeira, dispostos com painéis OSB ou compensado), instalações elétricas e hidráulicas, revestimentos (*sidings* metálicos, madeira, PVC, placas cimentícias, tijolos aparentes e argamassa armada) e cobertura. Entre as vantagens, estão: maior qualidade do serviço, devido ao maior controle na montagem dos painéis; bom desempenho térmico, pois permite utilização de isolantes no interior do painel; maior leveza da estrutura, o que não exige muito da fundação. Como desvantagens, pode-se destacar a necessidade de uma mão-de-obra especializada e maiores cuidados com impermeabilização.

Schimidt (2013) aborda sobre as paredes de painéis de PVC preenchidos com concreto, em que os painéis de PVC (perfis modulares de PVC com reforços internos longitudinais e faces laterais perfuradas) são encaixados verticalmente e posteriormente, preenchidos com concreto, dando forma às paredes, que desempenham função estrutural. Os perfis ocos facilitam a colocação das armaduras e instalações da edificação. Nesse tipo de sistema, os painéis funcionam como formas e, ao mesmo tempo, garantem o acabamento do conjunto, sem necessidade de revestimento adicional. Com esse sistema, busca-se agregar características de industrialização no processo de construção, bem como reduzir o número de atividades no canteiro, limitar o estoque de produto ao essencial e tornar a obra mais limpa e sustentável, como menor número de materiais envolvidos e menor consumo de água e energia. Uma das principais limitações é o número de pavimentos (até 4), além de necessidade de mão-de-obra especializada.

Um outro sistema construtivo é o sistema monolítico de vedação com blocos de EPS, que é associado a telas eletrossoldadas, formando um painel resistente, ao ser revestido com argamassa. Esse sistema favorece um bom isolamento térmico e possui um menor peso específico, o que resulta em menores gastos com sistemas de refrigeração e ganhos no dimensionamento estrutural (alívio de cargas). Além disso, há a otimização dos processos construtivos, o que faz com que haja economia de tempo. O EPS se mostra um material durável, em função de sua característica inerte e biodegradável. Esse sistema torna a obra mais racionalizada e produtiva, em função de sua característica modular (dimensões padronizadas e consequente repetição dimensional), reduzindo perdas e por ser um sistema relativamente simples, a obra não precisa ser especializada. Por outro lado, a utilização de materiais como o aço poliestireno expandido faz com que haja o aumento dos custos de produção (SIQUEIRA, 2017).

Entre os sistemas construtivos citados, há também o sistema de painéis cerâmicos pré-fabricados. O emprego desse sistema apresenta vantagens similares aos anteriores, como maior racionalização, ou seja, aumento da velocidade de construção, maior economia, maior produtividade e melhor controle de qualidade do produto, além de reduzir o desperdício de material. O desempenho destes painéis estruturais depende de alguns fatores, como modelo e conexões verticais e horizontais (determinarão como a peça se comportará quando submetida a forças de compressão, flexão e cisalhamento) (MANZANO; ROMAN; GOMÉZ, 2013). Entre as desvantagens, Oliveira (2018) cita a impossibilidade de alteração dos projetos durante o período de execução; a impossibilidade de demolição das paredes, em casos de reformas; e a falta de uma visão sistêmica por parte dos construtores, que faz com que o potencial de racionalização do sistema não seja totalmente explorado.

Quanto ao sistema de paredes de concreto pré-moldadas, sua utilização também aumenta a produtividade e a qualidade das construções, reduzindo perdas e facilitando o controle dos cronogramas. Tem função estrutural e de fechamento, gerando melhor aproveitamento de materiais e maior economia. Esse método construtivo proporciona maior rigidez às estruturas, bem como elimina a necessidade de algumas etapas de acabamento. Assim como qualquer método construtivo, também apresenta aspectos negativos, como custos com equipamentos para transporte e montagem, dificuldade de alteração de projeto e necessidade de mão-de-obra mais qualificada (TOMO, 2013). Raeder (2018) cita mais alguns aspectos positivos relevantes: alto desempenho potencial quanto à segurança estrutural, resistência ao fogo, durabilidade, desempenho acústico, estanqueidade (desde que tenha projeto adequado das juntas) e sustentabilidade.

Como visto nos sistemas construtivos apresentados, ambos possuem como benefícios a industrialização de etapas construtivas, com aumento na produtividade,

economia de tempo e materiais, entre outros pontos positivamente observados. Desta forma, será abordado a seguir o sistema construtivo das paredes de concreto moldadas *in loco*, cuja utilização em habitações populares também se iniciou pela demanda e pela necessidade de aumentar a qualidade do produto final entregue.

## 2.1. PAREDES DE CONCRETO ARMADO ARMADA IN LOCO

De acordo com a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), as paredes de concreto, por definição, são elementos estruturais autoportantes moldados no local, capazes de suportar cargas no mesmo plano da parede e que tenham comprimento maior que dez vezes a dimensão da espessura. As paredes são concretadas com seus elementos de fachada e armaduras, podendo ser embutidas ou não as instalações elétricas e hidráulicas. A norma limita o uso até cinco pavimentos, o que supre o mercado das edificações destinadas a habitações populares, apesar de que essa tipologia construtiva já é utilizada para edificações de multipavimentos mais altas.

Ponzoni (2013) afirma que, por se tratar de um sistema modular, limita, de certa forma o projeto arquitetônico e dificulta reformas com movimentação das paredes estruturais. Alguns problemas a serem considerados, após a ocupação das edificações, são de origem hidráulica e elétrica, havendo tubulações elétricas entupidas em eletrodutos desprotegidos. Outro problema tem relação com a estanqueidade da parede que, caso não seja realizada impermeabilização de forma adequada, pode ocasionar umidade elevada e transtornos para os moradores. Podem haver ainda falhas na concretagem, que podem comprometer a estrutura das paredes, principalmente em locais com grande presença de armaduras e instalações. Com isso, reforça-se ainda mais a necessidade de controle tecnológico e gestão durante a execução desse método construtivo.

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) especifica que o projeto de uma estrutura em paredes de concreto deve considerar algumas premissas, como: adequabilidade do sistema estrutural à função desejada; combinação de ações compatíveis; dimensionamento dos elementos estruturais presentes; especificação dos materiais conforme o dimensionamento efetuado; modulação coordenada de acordo com o disposto na NBR 15873 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Tendo em vista a importância do controle de qualidade para se garantir a integridade e segurança das edificações construídas com as paredes de concreto, serão descritas a seguir as etapas do método construtivo de acordo com o projeto, em conformidade ao que é ditado pela literatura, considerando que durante o processo construtivo podem haver variações, a depender do material das formas, do tipo de concreto utilizado, entre outros fatores.

### 2.1.1. Fundação

Segundo Asmus (2019), a escolha do tipo de fundação é feita, principalmente, das características do tipo de solo, da carga aplicada sobre a fundação e dos recalques esperados. Para esse sistema construtivo, o radier é um dos tipos de fundações mais utilizado em se tratando de edificações com pequenas estruturas, podendo ser encontradas também sapatas corridas, blocos de travamento de estacas e tubulões em grandes empreendimentos. Deve-se realizar o nivelamento e a locação das fundações de

modo rigoroso, a fim de se evitar erros na construção da superestrutura. Além disso, devem ser tomados cuidados para que a umidade do solo não migre para a edificação e deve ser realizada a cura úmida do concreto.

No caso do radier, esta é uma fundação rasa de concreto, com a presença de telas metálicas, que é atravessada por parte das tubulações da residência, não sendo necessário executar contrapiso para colocar o revestimento cerâmico final do piso do pavimento térreo (PONZONI, 2013).

### 2.1.2. Armação

No sistema de paredes de concreto, as armaduras são posicionadas verticalmente dentro das formas. No caso da presença de vãos para portas e janelas, bordas ou mesmo grande quantidade de instalações, comumente são feitos esforços de armaduras com barras de aço ou telas. A armadura possui como função a resistência aos esforços de flexotorção e o controle da retração do concreto, além de atuar como apoio para as instalações elétricas e hidráulicas embutidas nas paredes. Destaca-se ainda, a utilização de espaçadores conforme definido em projeto, a fim de se obter cobertura especificado em todo o sistema (ASMUS, 2019).

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) determina que, em casos de paredes altas ou esbeltas, deve-se colocar uma segunda camada vertical de tela soldada e, quando a parede tiver borda superior livre, é necessário posicionar uma armadura horizontal nesta borda, em toda a sua extensão.

### 2.1.3. Instalações elétricas e hidrossanitárias

Após a colocação das armaduras, posiciona-se as instalações embutidas nas paredes de concreto. No caso das instalações embutidas, a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) determina que devem ser executadas em conformidade com o projeto, mantendo a integridade estrutural da parede. Quanto às tubulações horizontais, não são permitidas, exceto em casos especiais nos quais não ultrapassem um terço do comprimento da parede, devendo ser menores que um metro, em trechos não estruturais. Em qualquer caso, tanto para tubulações horizontais quanto verticais, é vedada sua disposição nos encontros de paredes.

A norma ainda especifica que a decisão ou não das instalações nas paredes deve partir do projetista estrutural, de modo que não comprometa o sistema construtivo em questão. Essa decisão também deve considerar as exigências de manutenção das instalações ao longo da vida útil da construção.

Asmus (2019) explica que, uma das formas de reduzir o comprometimento estrutural da edificação é a passagem de tubulações por *shafts*. Nos casos em que se decida pelo embutimento das tubulações, estas devem ser fixas nas armaduras das paredes, e devem ser dispostos espaçadores entre a rede de instalações e as faces das formas, para que seja respeitado o revestimento definido em projeto estrutural. Caso haja tubulações hidráulicas embutidas em lajes, é possível empregar soluções para o sistema hidrossanitário que facilitem a montagem e garantam confiabilidade e manutenibilidade, como o sistema PEX. No que se refere às instalações elétricas, também devem ser fixadas nas armaduras, seguindo de forma rigorosa o projeto elétrico, para evitar retrabalhos. Recomenda-se a utilização de componentes adequados ao sistema construtivo, como eletrodutos, caixas ortogonais etc. As instalações elétricas devem

resistir à pressão do concreto quando houver embutimento, para evitar entupimento e obstrução.

#### 2.1.4. Formas

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) afirma que o sistema de formas deve vir acompanhado pelo seu projeto e quaisquer dúvidas devem ser sanadas antes do início da montagem. Deve-se conferir as dimensões e posição, conforme estabelecido pelo projeto, bem como certificar que estão limpas e verificar a estanqueidade das juntas, a fim de evitar vazamentos de pasta ou argamassa. Caso o material das formas facilite a evaporação, estas devem ser molhadas até a saturação, para que minimize a perda de água do concreto, com presença de furos para escoamento da água em excesso, salvo em especificações do projeto opostas ao usual.

A norma estabelece algumas tolerâncias, as quais devem ser respeitadas tanto no projeto quanto na execução das formas:

- Tolerância dimensional para as espessuras das paredes de  $\pm 5$  mm;
- Tolerância dimensional do comprimento por trecho ou parede total de um décimo da espessura das paredes, como pode ser visto na Figura 1;
- Tolerância individual de desalinhamento horizontal e de elementos estruturais lineares menor ou igual a  $L/500$  ou 5 mm, com adoção do menor valor, sendo L o comprimento do elemento em milímetros (mm);
- Tolerância individual de desaprumo e de elementos estruturais lineares menor ou igual a  $h/500$  ou 5 mm, com adoção do menor valor, e a tolerância cumulativa do desaprumo menor que 10 mm, sendo h a altura do pavimento em milímetros (mm);
- Tolerância de 10 mm para o nivelamento das formas antes da concretagem, com relação as cotas de projeto;

Entre as práticas usuais para montagem das formas nos canteiros de obra, Asmus (2019) cita: início da montagem das formas das paredes internas, principalmente se tiverem instalações hidráulicas, posicionando, primeiramente as formas de canto; realização de esforços de armaduras, finalização das instalações e esquadrias para posterior fechamento das formas, com colocação das formas das paredes externas; colocação de grampos para fechamento dos painéis; posicionamento de escoras para garantir o prumo; locação das ancoragens e fechamento das formas; limpeza e aplicação de desmoldante após a desforma, para os próximos usos.

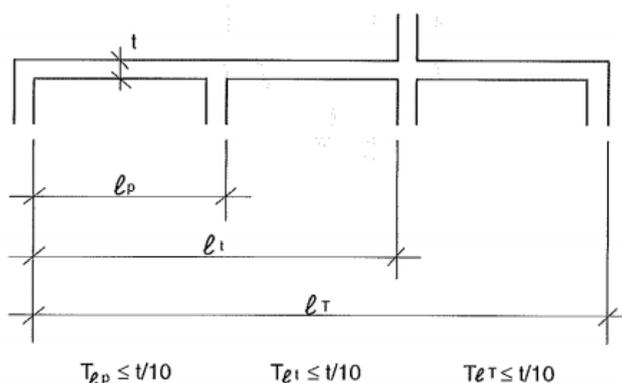


Figura 1 – Relação entre comprimento e espessura das paredes (ABNT NBR 16055, 2012).

### 2.1.5. Concretagem

Como as paredes de concreto constituem um sistema monolítico com moldagem *in loco*, a etapa de concretagem é muito importante para sua execução e, assim sendo, para assegurar as características de qualidade e durabilidade do concreto, o uso de concretos dosados em centrais torna-se uma alternativa bastante viável, pois são certificados os traços, controles de qualidade, pesagens e dosagens precisas, o que permite a entrega de um produto em conformidade às especificações do projeto (ASMUS, 2019).

De acordo com a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), os procedimentos de recebimento, liberação, lançamento e amostragem para controle do concreto devem atender ao disposto no Item 5.3 da NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), como o limite de tempo máximo decorrido entre o início da produção do concreto usinado até a entrega no canteiro equivalente a 150 minutos, evitando início de pega e perda de plasticidade. No caso dos concretos comuns, deve-se realizar o ensaio do *slump test*, para verificar a fluidez, de modo que esteja em concordância com o exigido em projeto.

A norma afirma que o processo de concretagem deve ser realizado de acordo com um plano estabelecido previamente, tendo em vista a área ou volume a ser concretado em função do tempo de trabalho; a relação entre lançamento, adensamento e acabamento; as juntas de concretagem (quando necessárias); e o acabamento final desejado.

Segundo NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), os equipamentos utilizados para o lançamento do concreto devem ser inspecionados, devendo estar limpos e em condições propícias para utilização, além de permitir movimentação do concreto até o ponto mais distante a ser concretado, sem que este sofra algum processo de segregação. Em consonância ao dito pela norma, Asmus (2019) explica que a etapa de lançamento deve seguir um planejamento prévio, que considere o tipo de concreto e a disposição das formas. O início do lançamento deve se dar por um dos cantos da edificação, e não deve haver interrupções no processo maiores que 30 minutos.

Quanto ao adensamento do concreto, deve ser feito de modo que preencha todos os espaços das formas, com cuidados durante a vibração para que não vibre a armadura e reduza sua aderência. Para facilitar a saída de ar do concreto, pode-se utilizar como mecanismo leves golpes nos painéis com marreta de borracha (ASMUS, 2019). Ponzoni (2013) explica que, devido à esbeltez das paredes de concreto, há casos em que o acesso do vibrador ao fundo da forma é dificultado, principalmente abaixo das esquadrias em regiões com alta concentração de armaduras ou instalações embutidas. Assim, uma solução viável é a utilização de concreto autoadensável, que dispensa vibração, em virtude de sua alta fluidez.

### 2.1.6. Desforma

Segundo Ponzoni (2013), a desforma do concreto ocorre após a obtenção da resistência e elasticidade previstas em projeto, com realização de ensaios para acompanhamento do comportamento no estado endurecido. Recomenda-se que a desforma seja feita cuidadosamente, evitando o surgimento de fissuras. Em seguida, as formas devem ser limpas para retirada de restos de concreto e produto desmoldante, e ocorre a efetivação do processo de cura das paredes.

Em termos gerais, a cura é a proteção do concreto contra mudanças bruscas de temperaturas ou possíveis intempéries que o danifiquem durante o seu processo de endurecimento, podendo causar fissuras e afetar a aderência à armadura. A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) alega que a cura deve ser sempre executada, reduzindo a possibilidade de surgimento de fissuras devido à grande área exposta.

#### 2.1.7. Acabamento

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) especifica que, para se obter uma superfície de concreto durável e uniforme, alguns processos devem ser seguidos de forma adequada, como a escolha do traço e da consistência do concreto, bem como as condições de trabalhabilidade necessárias. As etapas de lançamento e adensamento devem ser feitas a fim de se obter um material homogêneo e compacto (sem vazios).

De acordo com Ponzoni (2013), caso surjam pequenas falhas nas bordas, estas devem ser reparadas e, caso as paredes tenham massa corrida, devem receber uma camada de selador. As paredes também podem receber outros tipos de revestimento, como textura acrílica, grafiato e cerâmica.

### 3. CONTROLE DE QUALIDADE E GESTÃO DE OBRAS

No que diz respeito ao controle e gestão da qualidade a serem implementados em uma obra com o sistema de paredes moldadas *in loco*, a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) fixa alguns requisitos mínimos, como as condições para sua validade e os requisitos para o plano de qualidade da obra, já citados na introdução deste trabalho.

Além disso, a norma especifica os requisitos para a execução das paredes de concreto, que serão abordados a seguir.

#### 3.1.1. Formas

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), no Item 18.2.1, recomenda alguns requisitos básicos para o sistema de formas, entre os quais, pode-se citar projeto e construção para garantir: resistência às ações às quais possa ser submetido, rigidez suficiente para assegurar os limites de tolerância especificados no Item 2.1.4 deste trabalho, estanqueidade e conformidade com a geometria das peças moldadas.

Quando aos componentes embutidos nas formas, a norma afirma que devem preservar seu formato e resistir a contaminações que afetem sua integridade, a do concreto ou a da armadura e, em casos de componentes metálicos, deve-se prever mecanismos de proteção contra a corrosão.

Em relação às aberturas temporárias em paredes para trabalho, a norma prevê que aberturas com diâmetro de até 5 cm e espaçamentos horizontal e vertical mínimos de 60 e 30 cm, respectivamente, devem ser preenchidas com material similar ao concreto, com características análogas às do concreto utilizado na estrutura.

Já com relação ao uso de desmoldante, a norma especifica que a escolha do produto a ser usado nas formas, deve garantir a não aderência do concreto a estas, bem como ser de fácil remoção, a fim de não deixar resíduos nas paredes ou comprometer a aderência do revestimento final e o aspecto da parede; o desmoldante não deve também afetar nas características do concreto (físicas e químicas), e não deve deteriorar a superfície das formas. A aplicação deve ser feita conforme especificações do fabricante, considerando questões relacionadas a requisitos ambientais de saúde ocupacional.

### 3.1.2. Armação

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), em seu Item 18.3, aborda os procedimentos para recebimento, transporte, armazenamento, posicionamento, limpeza, montagem, cobrimento e identificação das ferragens no canteiro da obra.

Quanto ao recebimento, transporte e armazenamento, a norma afirma que as armaduras não podem ser danificadas durante tais etapas, não podendo ser armazenadas em contato direto com o solo. As ferragens devem estar limpas, com a superfície livre de ferrugem ou substâncias que afetem o aço, o concreto ou a aderência entre ambos. Em situações de limpeza superficial, deve-se verificar a existência eventual redução de seção (em casos de redução, o projetista estrutural deve avaliar as condições de utilização, em concordância com as normas de especificação do produto). A limpeza também deve se dar em caso de presença de cloretos, devendo ser retirados e a comprovação de ausência dada por ensaios específicos, para posterior utilização.

No que se refere ao preparo e montagem da armadura, deve-se assegurar seu posicionamento correto, bem como a geometria dos painéis em concordância com o projeto, principalmente quanto ao alinhamento e espessura das paredes com as devidas tolerâncias, para que a armadura se mantenha na opção definida durante o lançamento do concreto, considerando os espaçamentos corretos das armaduras entre si e destas com as formas e garantindo que o cobrimento especificado em projeto seja respeitado, por meio do uso de espaçadores devidamente fixados.

A norma ainda traz requisitos para emendas, a ancoragens. As emendas das telas soldadas devem se dar de acordo com o previsto em projeto, com seus valores respeitados e emendas não especificadas em projeto só devem ser executadas após consulta e aprovação do projetista estrutural. As ancoragens também devem respeitar o que é disposto no projeto estrutural, no qual todos os seus comprimentos devem estar especificados. A ancoragem entre lajes e vigas ou lajes e paredes deve ser feita com a armadura da laje entrando na armadura da viga ou da parede.

### 3.1.3. Concretagem

A produção do concreto a ser utilizado em obra pode se dar na própria obra ou em empresas especializadas, devendo ser cumpridos os cuidados relativos ao preparo do concreto em ambos os casos. Os requisitos para concretagem são detalhados no Capítulo 19 da NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

A norma recomenda cuidados preliminares, como nivelamento, prumo e alinhamento das formas antes do início do lançamento do concreto. A verificação das formas deve ocorrer conforme descrito no Item 3.1.1 deste trabalho. Deve-se efetuar a

conferência dos escoramentos, alinhadores horizontais e aprumadores antes da concretagem, garantindo as dimensões e posições das formas e o trânsito de pessoas necessário para a realização da concretagem. Além disso, deve-se manter o cuidado com as armaduras, de acordo com o Item 3.1.2 deste trabalho.

A execução e o produto final deve se adequar às tolerâncias impostas pela norma, descritas no Item 2.1.4 deste trabalho. Para o nivelamento, a norma recomenda que o nivelamento das formas e o nivelamento dos pavimentos devem ser feitos antes e após a concretagem, respectivamente e, não é recomendada tolerância maior que 10 mm de diferença em comparação às cotas do projeto, exceto quando admitido pelo projetista estrutural e pelo responsável técnico da obra.

A norma especifica obrigatoriedade da existência de um plano de concretagem estabelecido previamente (especificado no Item 2.1.5 deste trabalho), com a finalidade de asseguramento do funcionamento da estrutura das paredes com a quantidade apropriada de concreto. A inspeção do sistema deve ser feita antecipadamente, para a liberação da concretagem.

Já no que diz respeito ao transporte do concreto entre o início da mistura e a sua entrega, deve se dar sem que o adensamento ocorra após o início da pega, respeitando o tempo máximo de 90 minutos quando a produção ocorrer no canteiro e 150 minutos quando a produção ocorrer na central. Em situações de temperatura acima de 32°C, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, para evitar o início da pega, ao menos que sejam utilizados mecanismos especiais, como aditivos retardadores de pega. Outra premissa a ser seguida é que o agregado graúdo deve ter diâmetro máximo de 25% do diâmetro da tubulação de bombeamento do concreto.

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) especifica que, antes do lançamento do concreto, é necessário conferir o a nota fiscal ou documento de entrega, para verificar a correspondência entre o produto entregue e o que foi solicitado. Deve ser verificada a trabalhabilidade do concreto e o abatimento. Se o abatimento estiver menor que o especificado na nota fiscal, é permitida a adição de água complementar, desde que o abatimento seja igual maior que 10 mm e seja corrigido em até 25 mm, sem ultrapassar o limite máximo. O intervalo de tempo entre a primeira adição de água e o processo de descarga deve ser superior a 15 minutos. O lançamento deve garantir o envolvimento dos componentes embutidos previstos em projeto. Em casos de alturas de lançamento maiores que 2 m, devem ser tomados cuidados com segregação e falta de argamassa, sendo permitido uso de concreto autoadensável ou de dispositivos como funis, calhas etc.

Quando não utilizado concreto autoadensável, a norma recomenda alguns requisitos para o adensamento, garantindo que preencha toda a forma sem movimentar a armadura, além de ocorrer de forma homogênea, evitando ocorrência de falhas por ar aprisionado.

Quanto ao controle tecnológico do concreto, deve ser feito no estado fresco e no estado endurecido. No estado fresco, deve ser feito o ensaio do abatimento do tronco de cone conforme a NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), com determinação da frequência e da amostragem. No caso da utilização do concreto autoadensável, deve-se realizar este ensaio e, após a adição do aditivo superplastificante, devem ser realizados os ensaios previstos na NBR 15823-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Já no estado endurecido, a aceitação se dá pela comprovação da resistência de desforma, na idade de projeto, bem como pela resistência característica à compressão do concreto ( $f_{ck}$ ) aos 28 dias.

A norma também aborda as juntas de concretagem, explicando que devem ser tomados cuidados ao se ligar o concreto endurecido a um novo concreto lançado, quando o lançamento for interrompido. Nas juntas previstas, é necessário que o concreto seja adensado até a superfície da junta vertical, com uso de formas temporárias, quando necessário, para garantir um adensamento adequado. Antes de se iniciar a concretagem, deve ser feita a limpeza da superfície da junta, com retirada de nata superficial e material solto, por meio de jatos de água pressurizados, sem deixar acúmulo de água nas cavidades formadas. Para que a junta resista a eventuais esforços em sua superfície, uma alternativa é usar arranques ou barras cravadas no concreto velho, aplicando argamassa na superfície da junta com a mesma composição da argamassa do concreto, sem deixar vazios. Pode-se utilizar também resinas, desde que seja avaliado seu comportamento ao fogo. A localização das juntas deve ocorrer em pontos nos quais sejam menores os esforços de cisalhamento, normais aos esforços de compressão.

Já para o acabamento, a norma cita como medidas de controle de qualidade as especificações citadas no Item 2.1.7 deste trabalho, relativas ao traço do concreto e homogeneidade do material.

Como requisitos para o processo de cura, a norma recomenda que seja feita para se evitar a perda excessiva de água pela superfície exposta, bem como assegurar uma resistência adequada e a formação de uma capa superficial durável. Para isso, deve ser feita após a desforma das paredes e, para as lajes, após o acabamento do concreto. Os elementos estruturais devem ter sua cura com base nas premissas estabelecidas pela NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) e, em situações de utilização de água, deve suprir as exigências da NBR 15900-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

#### 3.1.4. Mecanismos utilizados para controle de qualidade e gestão de obras

Atualmente, podem ser utilizados diversos mecanismos para auxiliar no controle de qualidade e gestão de uma obra, como planilhas de dados, *softwares*, aplicativos de celular, entre outros, que possibilitam atingir um controle mais rigoroso e, conseqüentemente, um produto final com mais qualidade em comparação às recomendações da literatura.

Ao se falar em *softwares*, o controle da qualidade tem seu início com a utilização de softwares para cálculos estruturais, que possibilitam resultados mais fiéis à realidade, principalmente em softwares com a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), que permitem reunir informações que vão desde à modelagem ao orçamento da construção. Como exemplo de *software* utilizado para se projetar edificações de paredes de concreto, tem-se o TQS<sup>®</sup>, cujo sistema de edifícios de paredes de concreto, de acordo com a própria empresa fabricante, atende aos requisitos e a metodologia prescritos pela 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), com amplo emprego de recursos gráficos, além de etapas claras e intuitivas para a concepção dos modelos estruturais e definição de suas características e parâmetros. O software realiza análise estrutural e o dimensionamento, além de detalhamento com emissão das elevações, plantas e relatórios com avisos ou comprovação de adequação à norma.

Quando aos mecanismos para controle na própria obra, podem ser usados softwares que possibilitem a modelagem e a compatibilização da organização do canteiro, como os softwares da Autodesk<sup>®</sup>, Revit e Navisworks. Para organização do canteiro por etapas, conforme a execução da obra, também são bastante utilizadas planilhas de dados, feitas em *softwares* como o Excel e MSPProject, da Microsoft<sup>®</sup>. O MSPProject, além

de manter uma estrutura organizada da obra por etapas, pode automatizar diversas tarefas a partir de dados de entrada, evidenciando tarefas cumpridas, atrasadas, dias restantes, possíveis impactos em valores estipulados, entre várias outras funcionalidades.

Ainda podem ser utilizados alguns aplicativos para celular, como o aplicativo Diário de Obra Online, da empresa Update Digital<sup>®</sup>, que é uma plataforma móvel que permite elaborar, armazenar e fiscalizar em tempo real os relatórios de diário de obra, que forma que os registros fiquem organizados e acessíveis, possibilitando tomada de decisões de modo estratégico, com liberdade para fazer isso de qualquer lugar.

Outro aplicativo que pode ser utilizado para o monitoramento da obra é o INMETA – Inspeções, da empresa Eficient Sistemas<sup>®</sup>, com possibilidade de gerar indicadores em tempo real, comparar obras, inspecionar as condições de trabalho, realizar auditorias e emitir relatórios que identifiquem deficiências em documentações, treinamentos, projetos e processos, além da possibilidade de padronizar processos de produção para garantir a qualidade do produto final, gerenciando o acabamento de cada unidade entregue (INMETA GESTÃO INTELIGENTE DE OBRAS, 2020).

#### 4. METODOLOGIA

Para este estudo, foi realizada, inicialmente, uma pesquisa bibliográfica sobre os tipos de sistemas construtivos aplicados às construções populares nos últimos anos, tendo em vista a maior industrialização da construção, de forma a se conciliar a racionalização do tempo e de recursos e a obtenção de qualidade.

Após isso, foram descritas tanto as metodologias executivas do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, quanto as recomendações para procedimentos relativos ao controle de qualidade, conforme o disposto em literatura disponível, tendo como principal base a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012), durante cada etapa de execução.

Desse modo, a pesquisa teve por objetivo respaldar a fundamentação da avaliação de aspectos de controle de qualidade, gestão e processo executivo de uma obra de conjunto habitacional no município de Catalão-GO, confrontando se os procedimentos aplicados e a checagem dos serviços estão coerentes com o exigido pela norma.

O estudo foi auxiliado por dados obtidos pela utilização dos aplicativos Diário de Obra online, utilizado para especificar os serviços executados durante o dia, a quantidade de funcionários na obra e demais informações gerais sobre o gerenciamento da obra, e o INMETA, que é utilizado para verificar as etapas executadas, o que está em andamento, bem como o que é aprovado ou reprovado.

O estudo comparativo conta com a apresentação de informações e imagens com a identificação das etapas construtivas executadas e com o relato dos aspectos de qualidade conferidos *in loco* por meio de formulários, para autorizar os serviços. Assim, são especificadas as etapas que estão em conformidade e as que necessitam de melhorias executivas relacionadas ao controle de qualidade.

#### 5. RESULTADOS

De acordo com Tonetto (2016), a elaboração de um plano de qualidade de uma obra define aspectos específicos relativos à organização na construção e qualidade requerida, o que inclui o controle de projetos, a qualidade dos materiais utilizados, a execução e manutenção da obra, os procedimentos empregados no local etc. Entre os

benefícios do sistema de gerenciamento da qualidade em uma obra, estão: o controle dos processos, o que fornece estabilidade e previsibilidade, permitindo possíveis ações de melhoria, quando necessárias; padronização dos procedimentos aplicados; redução do retrabalho e do desperdício de materiais; gestão da documentação das etapas e procedimentos empregados na obra; determinação das responsabilidades dos profissionais envolvidos e melhoria no fluxo de informações.

Nesse contexto, tendo conhecimento da importância da gestão da qualidade dos serviços na obra, e diante das informações apresentadas anteriormente, conforme recomendações disponíveis em literatura, serão apresentados a seguir os resultados na obra analisada, referente ao loteamento de casas populares em Catalão-GO, nas etapas do processo construtivo em questão descrevendo os aspectos observados para liberação dos serviços de cada etapa e o que é verificado para adequação dos serviços, por meio do preenchimento de formulários de qualidade. Por meio de um estudo de caso apresentado em uma das etapas construtivas no loteamento, foram identificadas necessidades de adequação para liberação do serviço, o que é mostrado por meio dos relatórios preenchidos no aplicativo INMETA.

#### 5.1.1. Fundação

As fundações locais são fundações rasas do tipo radier. Para o controle de qualidade de sua execução e liberação das atividades desta etapa, são verificados conforme o relatório de qualidade, o cumprimento das seguintes condições:

- Verificação da liberação do aterro (quando houver), para realização de controle tecnológico do solo por equipe especializada;
- Conferência do projeto de fundações, verificando a disposição das armaduras, os espaçadores, o concreto usinado recebido por meio da realização do *slump test* ou verificação dos materiais – areia, cimento e brita – em caso de concreto feito no local;
- Conferência de juntas de dilatação, quando especificadas em projeto estrutural;
- Conferência dos projetos elétrico e hidrossanitário, certificando-se que as caixas elétricas e hidrossanitárias estão executadas conforme os respectivos projetos;
- Verificação dos equipamentos disponíveis no local da execução, como carrinho de mão; padiola, lata ou balde; betoneira (quando aplicável); régua vibratória, quando o concreto não for autoadensável, visando sempre nivelamento para construção apurada da superestrutura; bomba para concreto bombeável (quando aplicável).

Além disso, são analisados requisitos de segurança, como utilização de EPI's e EPC's conforme orientações do PCMAT da obra, e a necessidade de utilização de equipamentos de iluminação (em caso de trabalho noturno). Devem ainda, ser realizados treinamentos para realização dos serviços dentro dos prazos estabelecidos.

As especificações a serem verificadas no relatório buscam atender aos requisitos dispostos na NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012). Na obra do loteamento, pode-se afirmar que tais requisitos estão sendo cumpridos na etapa de execução das fundações, tendo todas as verificações feitas pelo engenheiro de execução local, bem como o encarregado da obra.

No processo construtivo local, primeiramente são marcadas as dimensões para formas do radier. Em seguida, são montadas as formas propriamente ditas, conferindo esquadros e níveis, e execução da base, de acordo com o tipo e espessura especificada em projeto. A partir disso, é colocada lona ou brita na base da forma, e disposta a

armação conforme o projeto estrutural, colocando espaçadores que garantam o cobrimento exigido em projeto.

No que diz respeito à concretagem, caso o concreto seja feito no local, é feita uma conferência do traço utilizado, para verificar se está em conformidade com a sua utilização. Em todos os casos, é feito então o controle tecnológico por meio do ensaio de *slump test*. São moldados corpos de prova a cada caminhão que chega na obra, que são enviados aos laboratórios especializados para executar os ensaios exigidos por norma, com a devida identificação de onde o concreto foi aplicado e sua especificação conforme a nota fiscal. O local a ser concretado é molhado antes do início do respectivo processo, e é observado qual o tipo de junta a ser utilizada, para posicionamento antes do lançamento do concreto. O lançamento é feito, então, observando-se a espessura do elemento estrutural em projeto, a partir de linhas mestras. Em seguida, a vibração se dá por meio da utilização de régua vibratória (em concreto não autoadensável), e isola-se a área a ser concretada para dar acesso apenas para quem for responsável pela cura do concreto. O acabamento rústico final é feito com desempenadeira de madeira, evitando marcas ou buracos nos pisos. A impermeabilização é feita de acordo com o que é definido em projeto. Na Figura 2 são identificados os principais passos para execução das fundações locais, e na Figura 3, é apresentado um radier já concretado e após cura, em etapa de limpeza.

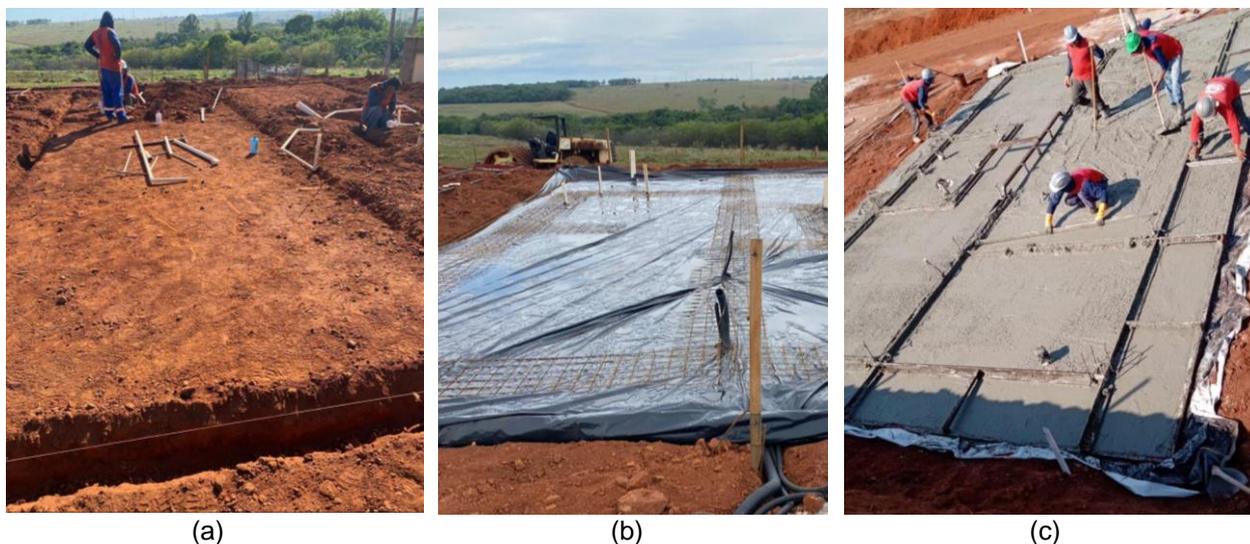


Figura 2 – Etapas construtivas do radier. (a) marcações de dimensões e locais de espera das tubulações para montagem das formas; (b) lona na base das formas e disposição das armaduras; (c) concretagem do radier.



Figura 3 – Radier concretado em fase de limpeza.

### 5.1.2. Armação

Quanto à armação, uma das primeiras coisas a se observar é a forma de armazenamento do aço. Na obra em estudo, constata-se que as barras de aço são devidamente identificadas com etiquetas, e armazenadas em baias feitas de madeira, com divisórias para armazenagem de cada diâmetro, evitando assim o contato com o solo, atendendo à norma. Observa-se também que as barras não apresentam oxidação profunda ou algum produto que resulte na redução da seção, permitindo que sejam empregadas no sistema construtivo das paredes de concreto, conforme a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

Primeiramente são feitas as marcações das paredes no radier, e verificadas as armaduras de espera das telas. A montagem da armação das telas é feita de acordo com o projeto estrutural, e são postos reforços de armação nos vãos das esquadrias e nos demais locais com indicação em projeto, o que está em conformidade ao recomendado pela literatura, conforme disposto nos Itens 2.1.2 e 3.1.2 deste trabalho. Na Figura 4, é observado o processo de montagem e disposição das armaduras.



Figura 4 – Montagem e disposição das armaduras.

As emendas necessárias para a continuidade da malha das armaduras analisadas foram feitas com a sobreposição das telas, conforme o projeto estrutural, em conformidade ao prescrito pela norma.

São utilizados espaçadores em toda a estrutura, sendo espaçadores de 10 cm nas paredes e regiões de reforço, e 5 cm em situações de vigas e pilares, bem como nas lajes, como pode ser visualizado na Figura 5. Estes espaçadores garantem o cobrimento exigido no projeto e, geralmente, são locados a cada 50 cm nas direções vertical e horizontal das telas.



Figura 5 – Disposição dos espaçadores utilizados nos painéis.

Durante as análises do cumprimento do controle de qualidade das armações, não foram observadas peças expostas após concretagem, o que indica que o cobrimento das armaduras não foi comprometido, como pode ser visto na Figura 14, em uma parede já sem formas, no Item 5.1.6 deste trabalho.

### 5.1.3. Instalações elétricas e hidrossanitárias

No que diz respeito às instalações elétricas, as condições e recomendações descritas no relatório de qualidade para liberação dos serviços estão relacionadas à verificação do desimpedimento do local e verificação do posicionamento das armaduras, que devem estar em conformidade com o projeto estrutural, e são imprescindíveis para a locação das instalações.

Quanto à execução, observa-se a fixação das caixas nas armações das paredes, averiguando o nivelamento, a altura e a profundidade de tais caixas, como indicado em projeto. Os eletrodutos de ligação nas caixas e quadros também são fixados nas paredes, com utilização dos espaçadores novamente, para certificar o cobrimento necessário. Os eletrodutos que se ligam a caixas ficam a uma distância geralmente de 10 a 15 cm acima da altura das paredes concretadas. As caixas e eletrodutos das lajes também são locadas e certifica-se que tanto as caixas das paredes quanto das lajes estejam com tampa para evitar sua obstrução durante a concretagem. Após a concretagem, é feita a sondagem das tubulações com arame galvanizado. Posteriormente, é feita a passagem da fiação nas caixas e eletrodutos, identificando os circuitos conforme o projeto elétrico, e faz-se a conexão elétrica com os disjuntores e DRs. Por fim, é feito um teste elétrico para certificação do funcionamento correto da rede instalada. Após a primeira demão de tinta, são fixados os interruptores.

Vale lembrar que, além dos procedimentos que o relatório de qualidade visa, que já estão sendo cumpridos, há também recomendações deste quanto à realização de treinamento dos funcionários e o uso de EPI's e EPC's conforme orientações do PCMAT da obra.

Em casos de verificação e percepção de locação de caixas ou quadros fora do lugar, estes itens são realocados, para manter a conformidade com o projeto, bem como demais reparos. Possíveis problemas na fiação dos circuitos, são feitos antes da concretagem, para evitar retrabalhos que gerem mais custos à obra.

No caso das instalações hidrossanitárias, são deixadas as passagens para as instalações nas lajes e nas fundações. São seguidas as recomendações dos fornecedores para a instalação das tubulações, além de verificado o projeto hidrossanitário, verificando posições e alturas, itens instalados etc.

São utilizados também dispositivos anti-infiltração nos ralos dos banheiros e nos pontos de bolsa dos vasos sanitários, que devem ser verificados antes da concretagem. Todos os pontos de saída das tubulações são tampados antes da concretagem, para evitar o entupimento.

São feitos testes de estanqueidade das tubulações antes da concretagem. Caso seja encontrado algum problema de mal funcionamento ou vazamento, este deve ser solucionado antes da concretagem, assim como qualquer inconformidade com o projeto hidrossanitário, a fim de evitar retrabalhos e prejuízos.

Quanto ao barrilete, é evitado o contato direto das tubulações com a laje, executando bases de alvenaria ou pré-moldados para apoio. Já para a instalação do reservatório, é feita a limpeza em sua base e é instalada a boia; por fim, é averiguada a estanqueidade do reservatório e a funcionalidade da boia.

De modo geral, a execução das instalações elétricas e hidrossanitárias na obra em estudo tem seguido um controle que satisfaz o que é exigido no relatório de qualidade e as recomendações da norma, bem como da literatura disponível, listadas no Item 2.1.3 deste trabalho. Na Figura 6, é apresentado o procedimento de execução das instalações bem como é possível ver com mais detalhes de tubulações de espera após a concretagem, com sua integridade não comprometida.

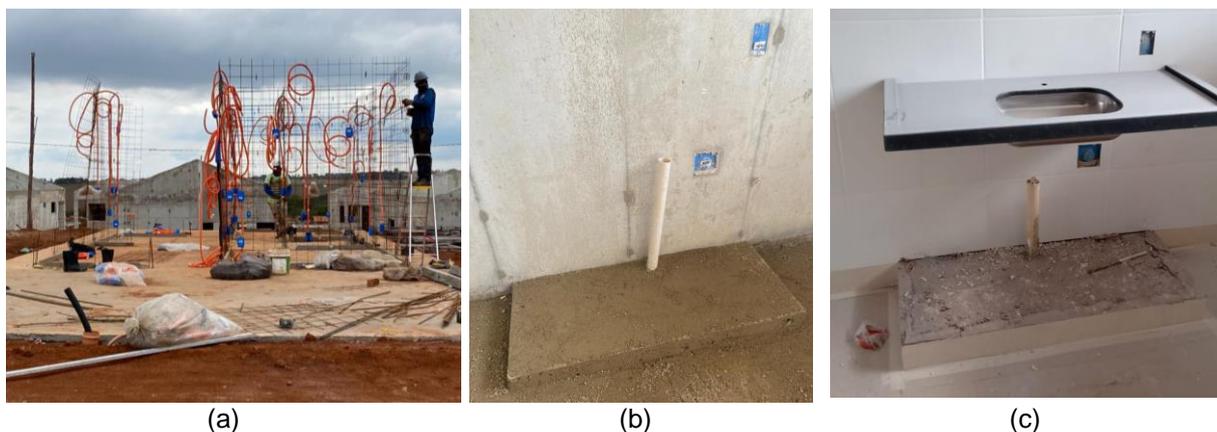


Figura 6 – Instalações de dutos (a) execução das instalações após fixação das armações; (b) detalhe de tubulação após concretagem para pia de cozinha; (c) tubulação com pia já instalada.

#### 5.1.4. Formas

Em relação às formas, os painéis devem ser conferidos, de modo a se verificar seu posicionamento e dimensões, para atestar que estão dentro do limite de tolerância especificado pela norma. No caso da obra em estudo, foi constatado o uso de formas metálicas, e a verificação descrita foi feita de modo visual e no caso apenas das edificações com varanda ocorreu a conferência com prumo. Nos demais casos é utilizado o alinhador, como apresentado na Figura 7, mas para uma maior precisão, poderiam ter sido utilizados equipamentos como o nível a laser.



Figura 7 – Alinhadores (a) na parte externa da edificação; (b) na parte interna da edificação.

A montagem das formas tem seu início pelos cantos das edificações, após a limpeza dos locais que serão concretados, bem como a disposição das armações e das instalações prediais. A montagem nas edificações executadas tem seguido o projeto de formas, com início pelos cantos das edificações, seguindo as marcações feitas na base. A fixação se dá por inserção da cunha através da flecha e colocação de gravata com proteção para amarrar as formas interiores e exteriores. São colocados tensores nas portas e janelas, a fim de garantir que as medidas do projeto sejam respeitadas. Ademais, é fixada a cantoneira da forma da laje na forma da parede para unir os painéis, fixando-os com cunha. O escoramento das lajes é feito conforme disposto em projeto. Na Figura 8, é possível visualizar o processo de montagem das formas.



Figura 8 – Montagem e disposição das formas conforme projeto.

Quanto à estanqueidade das formas, foi verificado que não houve vazamento e perda de pasta pela parte inferior, pois além do fechamento das formas propriamente dito, na obra é utilizada uma espuma expansiva como garantia dessa estanqueidade, o que faz com que haja maior controle nas seções das peças finais, e evite retrabalho para corrigir tais peças, bem como a presença de juntas com excesso de pasta. Outro aspecto observado foi a limpeza das formas utilizadas, o que as tornaram propícias para a aplicação do desmoldante antes da montagem dos painéis.

### 5.1.5. Concretagem

Para a liberação do processo de concretagem, a primeira coisa a se fazer é a verificação dos sistemas já montados (formas, estrutural e as instalações), verificando a consistência com os devidos projetos, conferindo posicionamentos e funcionamento. Devem ser observadas as dimensões das paredes marcadas na laje do radier e certificar que, após a concretagem, a espessura das paredes esteja dentro da tolerância permitida pela norma, abordada no Item 3.1.3 deste trabalho, equivalente a 10 mm. Na obra analisada, a espessura das paredes é de 10 cm, estando em conformidade com o projeto das formas e com os limites de tolerância. Como dito anteriormente, o cobrimento das armaduras no local não foi comprometido, devido à utilização dos espaçadores.

No que diz respeito ao plano de concretagem, os pedidos são feitos para concretagem cada unidade habitacional do loteamento, que possuem 71,29 m<sup>2</sup> de área construída. Para a concretagem então de cada unidade, são necessários 3 caminhões que levam em torno de 50 minutos para chegar ao local da obra. São necessários 2 caminhões de 7 m<sup>3</sup> e um de 5m<sup>3</sup> de concreto, para concretar as paredes e a laje das casas.

No local da obra são aguardados 7 minutos para se efetuar o ensaio de abatimento para concreto autoadensável. É realizado, primeiramente, um ensaio de abatimento convencional para o concreto sem aditivo, sendo necessário que o abatimento esteja em  $12 \pm 2$  cm, o que já garante uma trabalhabilidade média. A partir disso, é adicionado na obra o aditivo plastificante Mira Flow ou Mastermix para aumento do abatimento. Agora se realiza o ensaio *Flow test*, que afere o abatimento para concreto autoadensável, com valor desejável, para essa obra, em torno  $70 \pm 2$  cm. Na Figura 9, é possível ver a realização do ensaio, em um primeiro momento com o concreto convencional, e no segundo momento, com o concreto autoadensável.

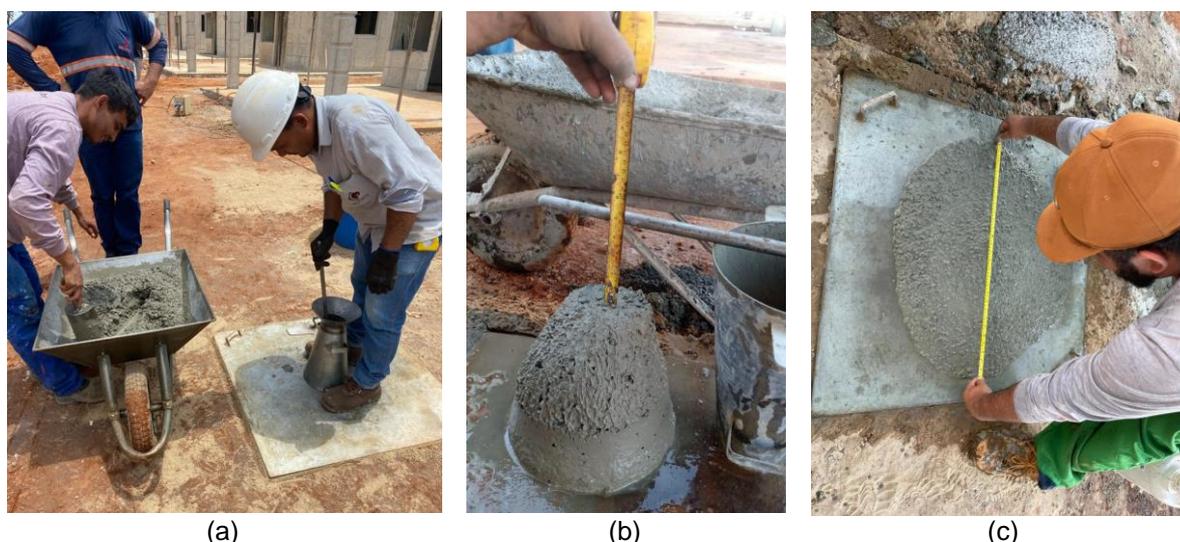


Figura 9 – Ensaio de abatimento do tronco de cone. (a) realização do ensaio convencional, sem aditivos no concreto; (b) medição do abatimento no concreto convencional, em torno de 12 cm; (c) determinação do abatimento no concreto já com aditivo, em situação autoadensável.

São moldados também corpos de prova no local (Figura 10), para conferência da resistência à compressão do concreto, com rompimento conforme recomendações normativas, para comprovação da resistência necessária exigida em projeto. Durante a

moldagem dos corpos de prova não há necessidade de adensamento, pois o procedimento já é feito com o concreto autoadensável.



Figura 10 – Corpos de prova moldados no local para ensaio à compressão.

A resistência a ser alcançada deve ser igual ou superior à definida em projeto, e o relatório emitido é apresentado na Figura 11.

ENSAIOS DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO											
NORMAS ABNT NBR 5738-2015, ABNT NBR 5739-2018, ABNT NBR 12655-2015, ABNT NBR 15823-2017, ABNT NM 67-1998 E ABNT NM 33-1998											
CONCRETEIRA:			DATA DA MOLDAGEM: 20/07/2020								
Nº NOTA FISCAL	SLUMP TEST/FLOW (mm)	ABAT. DE PROJETO (mm)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PROJETO - f <sub>ck</sub> (MPa)	DATA DE RUPTURA	IDADE	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO INDIVIDUAL				RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA AMOSTRA (MPa)	LOCAL DE APLICAÇÃO
						CARGA (tnf)	RESIST. (MPa)	CARGA (tnf)	RESIST. (MPa)		
33.757	120	100±20	25,0	27/07/20	7 DIAS	22,6	28,8	22,0	28,0	<b>28,8</b>	RADIER QUADRA 04 LOTE 07
				03/08/20	14 DIAS	23,7	30,1	23,4	29,7	<b>30,1</b>	
				17/08/20	28 DIAS	25,6	32,6	25,5	32,4	<b>32,6</b>	
				21/09/20	63 DIAS						
33.759	115	100±20	25,0	27/07/20	7 DIAS	21,0	26,7	21,4	27,2	<b>27,2</b>	RADIER QUADRA 04 LOTE 07
				03/08/20	14 DIAS	26,0	33,1	25,6	32,6	<b>33,1</b>	
				17/08/20	28 DIAS	26,5	33,7	27,4	34,9	<b>34,9</b>	
				21/09/20	63 DIAS						
OBSERVAÇÕES:		- EQUIPAMENTO DE ENSAIO: PRENSA HIDRÁULICA ELÉTRICA (CAP. 200 tnf) - CLASSE 0,5; - TRATAMENTO SUPERFICIAL DOS CPS COM UTILIZAÇÃO DE RETÍFICA;									

Figura 11 – Relatório de resistência à compressão dos corpos de prova.

A concretagem ocorre a cada unidade habitacional, de modo que o processo descrito de realização do ensaio de abatimento e a moldagem dos corpos de prova ocorre a cada caminhão que chega na obra, sendo estes devidamente identificados, para manutenção do controle de qualidade. Além disso, é feito o mapeamento do lançamento de acordo com cada caminhão, por meio de cores distintas, como é possível visualizar na Figura 12. Esse mapeamento permite maior controle em caso de possíveis problemas, agilizando no processo de procura pelos relatórios de resistência do concreto e as possíveis causas, para determinar a solução mais apropriada.

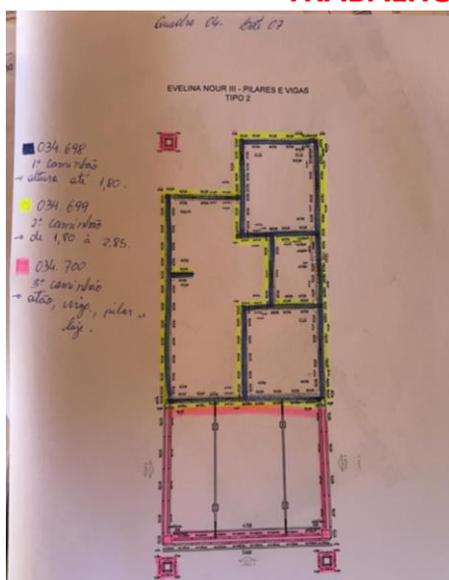


Figura 12 – Mapeamento do lançamento do concreto.

Antes do lançamento é conferido o documento de nota fiscal, para certificar que o produto entregue corresponde ao pedido. Com isso, tendo um plano de concretagem definido, são atendidos os requisitos da NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

O concreto utilizado na obra é um concreto autoadensável, para preenchimento das formas das paredes com maior facilidade, sem desagregação, não necessitando de vibração. A etapa de cura das paredes é feita por processo químico durante 7 dias. Já a cura do radier, realizada no seu período, acontece por molhagem da peça estrutural. Na Figura 13, é possível ver o início da concretagem da estrutura.



Figura 13 – Concretagem das lajes e da parede.

#### 5.1.6. Desforma

Após a concretagem, é feita a desforma, após 12h decorridas do processo, de modo que o concreto já esteja no estado seco. A desforma é feita cuidadosamente, de modo que não haja fissuras, como recomendado no Item 2.1.6 deste trabalho. Em seguida, é feita a limpeza das formas no local da obra, para posterior utilização na

unidade habitacional ao lado, como forma de racionalização de tempo e espaço. Na Figura 14, é vista a montagem das formas da edificação ao lado de uma residência na qual ocorreu a desforma, bem como uma parede vista de perto, evidenciando ausência de armaduras ou instalações aparentes.

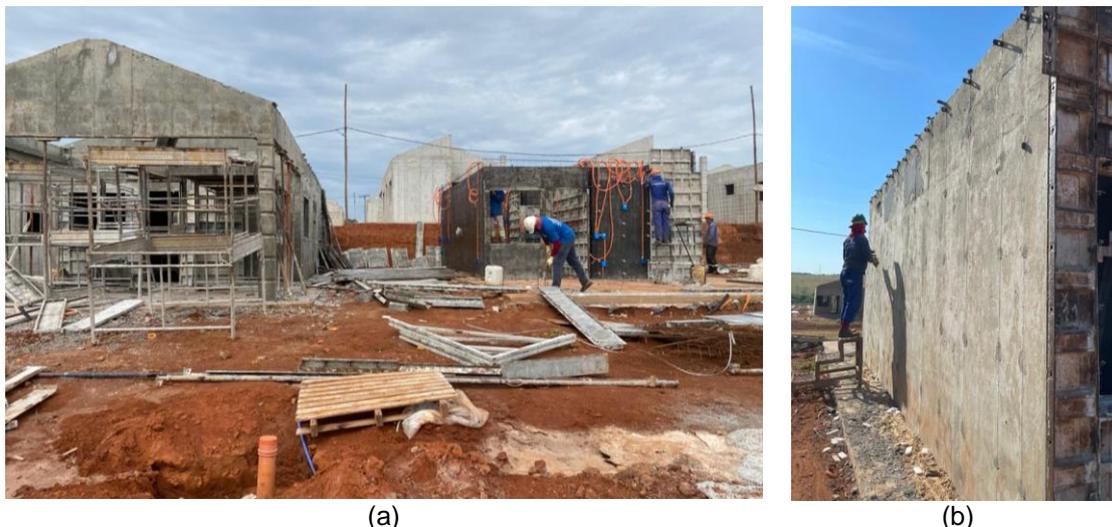


Figura 14 – Formas. (a) montagem das formas ao lado da edificação com as paredes e estrutura desformadas; (b) parede desformada, sem armaduras ou instalações aparentes.

Em caso de armação ou instalações aparentes após a desforma, tais problemas devem ser corrigidos, de modo que não seja prejudicada a estrutura da parede e o acabamento final.

#### 5.1.7. Acabamento

De acordo com a NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) e com as condições recomendadas pelo controle de qualidade na obra em questão, o traço do concreto deve ser definido de modo que a sua consistência e trabalhabilidade não prejudiquem o resultado final das paredes. O lançamento deve ser feito de forma que evite falhas de concretagem locais, e o material deve estar o mais homogêneo possível. Além disso, deve-se reparar as bordas caso necessário. Na obra em análise, não foram observadas falhas nas paredes, o que facilitou a execução do acabamento final.

Na obra do loteamento, após a cura do concreto, é feito o processo de estucagem (Figura 15 (a)) com argamassa apropriada, seguido pelo lixamento. É feita então a impermeabilização for fora e nas regiões de área molhada, como mostrado na Figura 15 (b). Posteriormente, é aplicada massa corrida niveladora branca ou cinza nas paredes, como apresentado na Figura 15 (c).

Após a aplicação da massa, há também o lixamento, para preparação da superfície para recebimento de pintura ou de revestimento cerâmico. Em caso de revestimento cerâmico, é feito após a execução do contrapiso, para otimização da produtividade. Seguindo, será aplicada a primeira demão de tinta que, após seca, são observados locais os quais podem requisitar reparos com a massa. Nesse caso, serão feitos os reparos e os locais são lixados novamente, para aplicação das demais demãos de tinta e finalização do acabamento, conforme o andamento da obra. Na área externa será aplicado selador antes da pintura.



Figura 15 – Processo de acabamento. (a) estucagem das paredes; (b) impermeabilização externa; (c) aplicação de massa niveladora branca.

No caso do acabamento, em alguns locais foram encontrados alguns problemas de execução de responsabilidade do empreiteiro contratado, como por exemplo a má execução da massa corrida nas paredes, de modo que a superfície não tenha ficado nivelada o suficiente para um bom acabamento final com a pintura, como pode ser visto na Figura 16. Nesses casos, é colocado no relatório de controle da qualidade que o procedimento precisa de adequações, assim como em todas as outras etapas com problemas a serem resolvidos. Devido a estes problemas, foi contratado outro empreiteiro que se adequasse aos requisitos de qualidade da obra.



Figura 16 – Camada de massa niveladora branca aplicada de forma incorreta.

#### 5.1.8. Estudo de caso de controle de qualidade na obra

Para exemplificar como funciona o sistema de controle de qualidade na obra utilizando o INMETA, acompanhou-se a etapa da construção do passeio no loteamento, visto que corresponde a uma das partes em que mais ocorreram problemas executivos. Assim, é apresentada a forma como se dá a liberação do serviço, de forma prática.

Inicialmente, ao se fazer a vistoria para controle da qualidade do passeio, foram detectados diversos problemas, que fizeram com que houvessem trechos totalmente irreparáveis, resultando em demolição total. Na Figura 17, é possível observar alguns dos problemas encontrados, que fizeram com que o serviço executado não fosse aprovado. Já na Figura 18, são observados trechos demolidos.

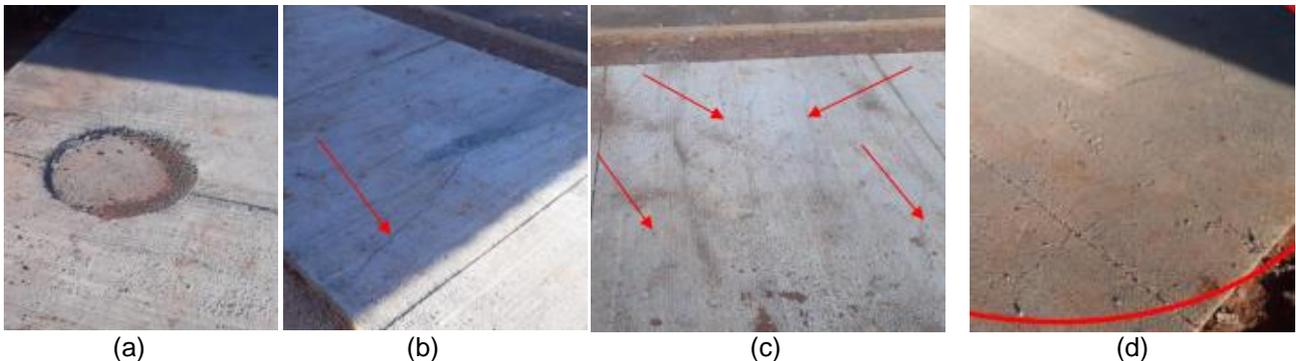


Figura 17 – Problemas no passeio. (a) falta de regularização nas tampas das caixas de ligação; (b) dilatação insuficiente; (c) trinca de retração do piso; (d) acabamento fora do padrão, aplicação de concreto com consistência inadequada.



Figura 18 – Trechos demolidos do passeio do loteamento.

Com isso, foi feito um relatório fotográfico com a identificação dos problemas encontrados, bem como suas respectivas descrições. Além deste relatório, foi produzido um relatório no INMETA, constatando o serviço não aprovado e o que foi levado em conta nesse processo. Na Figura 19, pode ser visto um exemplo de relatório do referido aplicativo na etapa descrita, indicando o local inspecionado e o que foi observado com relação às conformidades e não conformidades do serviço executado, em relação ao produto final recebido.

**RELATÓRIO DE INSPEÇÃO**

DADOS DA INSPEÇÃO	
INSPEÇÃO: Inspeção de Serviço	DATA: 10/02/2021 13:12:39
OBRA: Evelina Nour III	LOCAL: Mod 01 - Q04 R. A
MODELO: FVS 27 A - EXECUÇÃO DE PASSEIO EM CONCRETO - REV 00	AVALIADOR: Thays Pereira da Silva
PERCENTUAL EXECUTADO: 100%	RESPONSÁVEL EXECUÇÃO:
DISPOSIÇÃO: Pendente	

RESUMO DA INSPEÇÃO	
OBRA: Evelina Nour III	
ITENS INSPECIONADOS: 9 Itens	
ITENS CONFORME: 7 Itens	ITENS NAO CONFORME: 2 Itens
NOTA DA INSPEÇÃO: 7.78	

**INSPEÇÃO**

**1. ANTES DA EXECUÇÃO**

- Conforme 1.1. LIMPEZA DA ÁREA □ □ □
- Conforme 1.2. COMPACTAÇÃO DO SOLO □ □ □
- Conforme 1.3. TALISCAS □ □ □
- Conforme 1.5. DESNÍVEIS E/OU QUEDAS □ □ □

**2. CONCRETAGEM**

- Conforme 2.1. ARMAÇÃO □ □ □
- Conforme 2.2. VERIFICAÇÃO DE TRAÇO DE CONCRETO □ □ □
- Conforme 2.3. CONCRETAGEM □ □ □

 Page 1
 Page 2

Figura 19 – Relatório de inspeção do INMETA, identificando as conformidades e não conformidades do serviço executado, no local inspecionado.

Vale destacar que, quando um serviço não é aprovado no INMETA, o aplicativo não impede execução dos demais serviços subsequentes, apenas destaca na cor vermelha o serviço não aprovado para todos da equipe de gerenciamento ficarem cientes do que está acontecendo. A partir disso, são tomadas as medidas necessárias para resolução dos problemas identificados. Com isso, o encarregado, o engenheiro da obra ou estagiário com permissão determinam o que deverá ser feito, como no caso dos trechos do passeio que foram demolidos e que precisaram ser refeitos, conforme visto na Figura 20.



Figura 20 – Reconstrução de trechos do passeio, para liberação do serviço por relatório de qualidade.

A partir de uma reavaliação, os serviços executados são novamente vistoriados pelo engenheiro, encarregado da obra ou por estagiário e, caso estejam em conformidade, é sinalizado que estão conformes no relatório do INMETA, que permite essa alteração por até três vezes. Os dados da obra são passados então para a sede da empresa em Uberlândia, que disponibiliza um engenheiro supervisor bem como uma engenheira de qualidade e um técnico de segurança do trabalho para verificação do que foi executado. Estes viajam semanalmente para Catalão para realizar tais conferências em cada etapa da obra, estando presentes durante um dia da semana. Com a verificação e aprovação dos serviços executados pela empresa, há liberação do pagamento do empreiteiro contratado. O fiscal da Caixa Econômica confere apenas se o serviço da medição está terminado e completo, geralmente no início de cada mês corrido, para pagamento da construtora pelos serviços executados.

Esse método de colocar em prática o controle de qualidade foi feito para todas as etapas da obra até o momento, porém na fase de execução das paredes de concreto, quase não se notam problemas, visto que a execução é feita por uma equipe terceirizada, treinada e especializada nesse tipo de execução, razão pela qual o estudo de caso de controle da qualidade foi feito considerando outra parte da obra, referente aos passeios do loteamento.

## **6. CONCLUSÃO**

A partir do estudo realizado para concretizar este trabalho, foi possível conhecer mais sobre o processo executivo do sistema de paredes de concreto, tanto de forma teórica, pela pesquisa para revisão bibliográfica, quanto de forma prática, pelo acompanhamento da obra do loteamento, e levantamento de dados da respectiva obra, apresentando as principais etapas de execução, e observando as condições e recomendações do controle de qualidade nas casas analisadas. Foi apresentada a importância do controle de qualidade para o método de produção, seguindo as recomendações normativas e disponíveis nas demais literaturas que abordam o tema.

Nota-se, com os resultados obtidos, que, de modo geral, a obra efetua um rigoroso controle da qualidade, o que é justificado pelo fato de que em algumas situações, funcionários da própria empresa, com sede localizada em Uberlândia-MG, como o técnico de segurança do trabalho, podem aplicar advertências, bem como o fiscal da Caixa Econômica, que realiza vistorias frequentes para analisar se o cronograma está sendo cumprido e como está a execução.

Com isso, durante todo o estudo, foi possível conhecer um pouco mais sobre este sistema construtivo que, apesar de relativamente novo em relação a outros sistemas adotados no Brasil, têm se expandido devido aos bons resultados encontrados, considerando o tempo de execução.

Por fim, cabe salientar a importância da normatização do sistema construtivo, a fim de se obter a garantia da execução adequada, obtendo-se, conseqüentemente, maior durabilidade, evitando quaisquer retrabalhos e atrasos no cronograma de execução da obra, o que faz com que o sistema seja viável. Vale destacar que o seguimento das normas deve ser posto em prática não apenas para a execução das paredes de concreto propriamente ditas, mas em toda a obra, visto que, a partir destas e da literatura disponível, é possível estabelecer um plano de controle da qualidade eficaz que garanta a entrega de um bom produto final.

## Referências

ÁLVARES, S. M. **Desempenho térmico de habitações do PMCMV em paredes de concreto: estudo de caso em São Carlos-SP e diretrizes de projeto para a Zona Bioclimática 4**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

ASMUS, B. F. **Análise da execução de paredes de concreto em construções multifamiliares**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto auto-adensável. Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada in loco para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

INMETA GESTÃO INTELIGENTE DE OBRAS. Santa Catarina, 2020.

LARA, B. S. de; PILONETTO, C. V. **Comparação entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e paredes de concreto monolíticas moldadas in loco**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MANZANO, R. de M.; ROMAN, H. R.; GÓMEZ, L. A. Análise do comportamento de conexão vertical de painéis estruturais cerâmicos pré-fabricados. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 1, p. 35-50, 2013.

OLIVEIRA, P. M. de. **Estudo comparativo entre os sistemas construtivos: painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos e alvenaria convencional utilizando blocos cerâmicos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2018).

PEREIRA, C. Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil. **Escola Engenharia**, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/#:~:text=No%20Brasil%2C%20o%20m%C3%A9todo%20mais,frame%20e%20parede%20de%20concreto.>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

PONZONI, J. **Paredes de concreto moldadas *in loco*: Verificação do atendimento às recomendações da norma NBR 16055/2012 nos procedimentos executivos em obra de edifício residencial.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RAEDER, L. R. **Diretrizes de projeto para desempenho térmico de sistemas de paredes pré-moldadas de concreto.** 2018. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

SANTOS, E. de B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SCHMIDT, V. L. **Paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto: análise das potencialidades do sistema.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SIQUEIRA, T. E. de. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

SPANIOL, N. C. **Análise comparativa dos sistemas construtivos alvenaria convencional e wood frame para habitação de interesse social.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

TOMO, F. da C. **Critérios para projeto de edifícios com paredes portantes de concreto pré-moldado.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

VIEIRA, L. B. **Projeto de paredes de concreto armado: apresentação das recomendações normativas e avaliação da influência das aberturas.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

TONETTO, M. S. **Avaliação da gestão da qualidade em obras prediais: um estudo de caso.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

TQS. Paredes de Concreto – Edifícios de Paredes de Concreto. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/>>. Acesso em: 15 abr. 2021.