



Soluções adotadas para melhorias na qualidade de execução de paredes de concreto em edifícios altos: Estudos de caso no estado de São Paulo

Adopted solutions to improve quality on the execution of concrete walls on high buildings: Case studies in São Paulo State

Thomas Kuninari* (1); Selmo Kuperman (1); Eduardo Funahashi Jr. (1); Caio Farinacio (1); Grazielle Vicente (1)

(1) Engenheiro Civil, Desek
*thomas.kuninari@desek.com.br

Resumo

A construção de edificações utilizando o sistema estrutural em paredes de concreto moldadas no local já é uma realidade no Brasil há mais de 20 anos. Dentre os benefícios deste sistema estrutural, que se popularizou inicialmente como uma forma de auxiliar no combate ao déficit habitacional por meio de sua utilização em programas de Habitação de Interesse Social, pode-se citar a alta velocidade de execução, a maior assertividade na previsão de insumos e a redução na geração de resíduos. Por estes aspectos e pelo sistema já ter sido validado em requisitos estruturais e de durabilidade, as construtoras passaram a empregar este sistema também na construção de edifícios altos e de diferentes padrões. Tendo em vista que o concreto é o material mais importante para a integridade deste sistema, é fundamental para a garantia de desempenho que os concretos das paredes não apresentem defeitos congênitos. Desta maneira, este trabalho apresenta diferentes soluções adotadas para a melhoria na qualidade de execução de paredes de concreto em edifícios no estado de São Paulo. Dentre as soluções, comenta-se sobre diferentes tipos de concreto empregados, técnicas construtivas, materiais e sobre aspectos relacionados ao controle tecnológico, com controles de resistência para desformas realizados de maneira direta e indireta pelo método da maturidade

Palavra-Chave: paredes de concreto, concreto autoadensável, método da maturidade, fachadas de concreto;

Abstract

Construction of buildings using the structural system of concrete walls casted in place is already a reality in Brazil over 20 years. Among the benefits of this structural system that became popular initially as a form to help fighting the housing deficit through its use on government programs, it is possible to quote higher speed of construction, greater assertiveness on forecasting inputs and the reduction on waste generation. By those reasons and because it's an already validated system on structural and durability requirements, builders started to use the system also on high buildings and with different standards. Given that the concrete is the most important material to the system integrity, it is fundamental the concrete doesn't present flaws in order to ensure the system's performance. Therefore, this study presents different adopted solutions to improve the quality on the execution of concrete walls on high buildings in São Paulo state. Among the solutions it is commented about different types of concretes used, constructive techniques, materials and technological control, including resistance control made by direct and indirect way by maturity method.

Keywords concrete walls, self-compacting concrete, maturity method, concrete facades



1 Introdução

A construção de edificações por meio da utilização do sistema estrutural de paredes de concreto moldada no local já é uma realidade no Brasil há mais de 20 anos, e se popularizou inicialmente com sua utilização em programas de Habitação de Interesse Social. Recentemente a utilização deste sistema estrutural tem se tornado cada vez mais comum inclusive em edifícios altos e de diferentes padrões socioeconômicos. Além disso, a publicação da NBR 16055 em 2012, com posterior revisão em 2022, contribuiu para a difusão e consolidação desta tecnologia no país.

Além da sua eficácia no que tange características técnicas como capacidade estrutural e de durabilidade, a crescente utilização deste tipo de sistema deve-se a sua maior velocidade de execução, possibilidade de redução na mão de obra, menor geração de resíduos e custo global mais baixo, quando comparado com sistemas construtivos convencionais. Por outro lado, devido a execução racional deste tipo de estrutura monolítica onde o concreto também é o elemento de vedação, é fundamental a adequada escolha dos materiais constituintes do concreto e cuidados durante a sua execução para a garantia da durabilidade do concreto e vida útil de projeto.

Este trabalho tem o intuito de colaborar com projetistas e executores acerca de algumas dificuldades visualizadas ao longo dos últimos anos na execução de estruturas em paredes de concreto moldada no local e apresentar boas práticas executivas adotadas em edifícios no estado de São Paulo para garantir a durabilidade do concreto e vida útil.

2 Sistemas de paredes de concreto

O sistema de paredes de concreto envolve a montagem de fôrmas metálicas ou de madeira pré-fabricadas, resultando em maior rapidez na construção. Com este sistema é possível eliminar parte de processos presentes em ciclos construtivos tradicionais como a execução de alvenarias, sejam elas estruturais ou de vedação.

Dentre os edifícios altos no Brasil que utilizam dos benefícios do sistema de paredes de concreto, destaca-se o edifício residencial Aurora Exclusive Home, com 160 metros de altura, em construção na cidade de Balneário Camboriú, SC. Especificamente em São Paulo, localização dos estudos de caso desta publicação, diversas construtoras já se utilizam deste sistema estrutural há vários anos em edificações das mais diferentes alturas. O sistema se mostra vantajoso principalmente quando há a possibilidade de reaproveitamento das fôrmas em diferentes obras.

Um importante marco para as obras que utilizam sistemas de paredes de concreto foi a publicação da mais recente revisão da NBR 16055 (ABNT, 2022), que permitiu o emprego de novas ferramentas na construção das paredes moldadas no local. Dentre as de maior impacto cita-se que agora se pode utilizar macrofibras estruturais como substituição parcial às armaduras convencionais, ou até substituição total em caso de edificações “simplificadas” (que atendam 7 condições da referida norma) e que tenham até 5 pavimentos. Neste contexto, considera-se também os requisitos da NBR 16395 (ABNT, 2021) para as condições de dimensionamento. Além disso, os executores podem controlar as resistências à compressão para desforma do concreto por meio do método da maturidade segundo a C1074 (ASTM, 2019).

3 Manifestações patológicas frequentes em paredes de concreto

Entre as manifestações patológicas comumente observadas em paredes moldadas no local destacam-se aquelas que são comuns a todos os tipos de estruturas em concreto, tais como vazios de concretagem, fissuras, baixo recobrimento das armaduras pelo concreto, entre outras. Estes problemas são decorrentes de dosagens de concreto inadequadas, seja na sua especificação ou em sua concepção, bem como de falhas de execução. A falta de procedimentos adequados durante o recebimento, lançamento e adensamento do concreto e com os procedimentos inadequados após o seu endurecimento, tais como cura, tratamento superficial, impermeabilizações e procedimentos de controle tecnológico, aumentam o risco de defeitos neste tipo de sistema.

Um estudo realizado por França (2019) em Goiânia/GO, constatou que 42% das manifestações patológicas presentes em paredes de concreto estão relacionadas com a dosagem de concreto utilizada e com o seu lançamento. A seguir, são mostrados exemplos de problemas frequentemente visualizados nestes tipos de edificações no estado de São Paulo. A Figura 1 mostra exemplo de dosagens inadequadas de concreto autoadensável. Entre a Figura 2 e a Figura 8 são mostrados alguns problemas frequentemente visualizados em obras com este tipo de sistema.

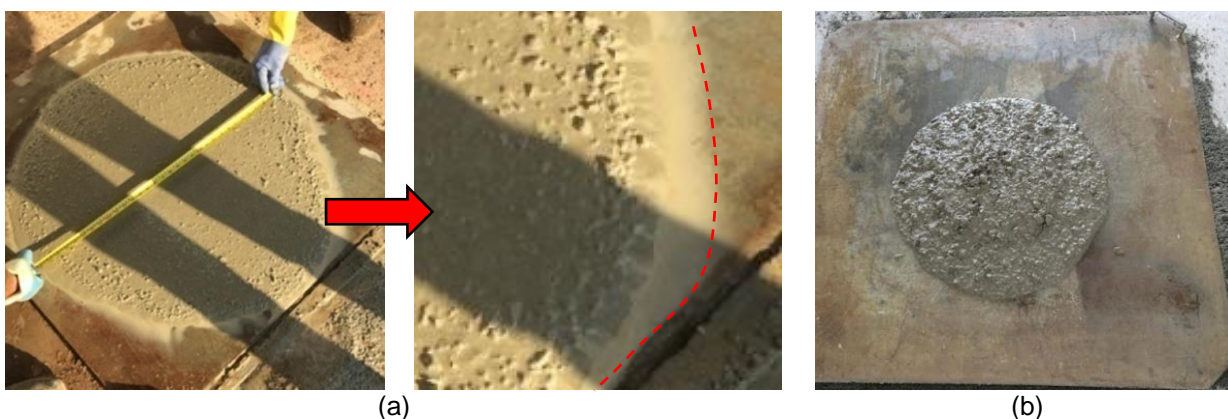


Figura 1 – Dosagens inadequadas de concreto autoadensável: (a) concreto com tendência à segregação e à exsudação e (b) concreto com espalhamento abaixo do especificado (Arquivo Desek, 2022)

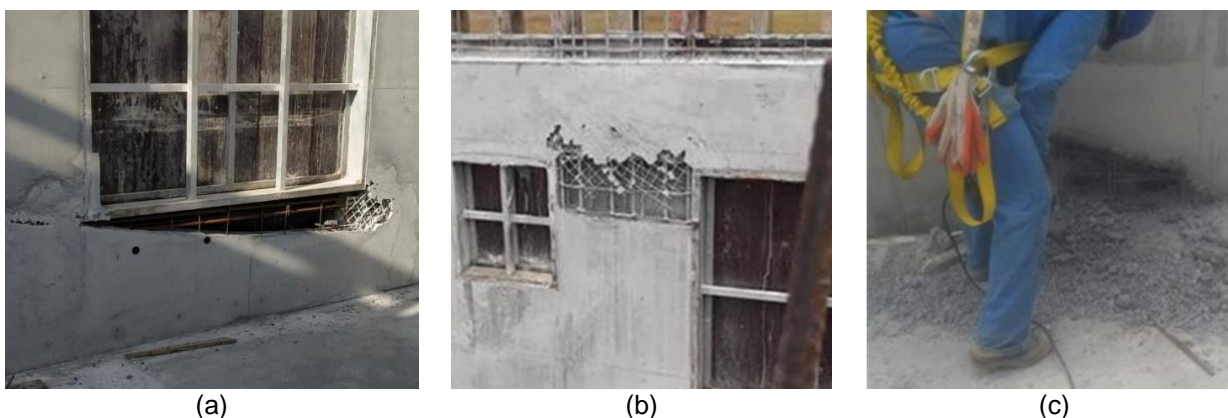


Figura 2 – Vazios de concretagem em paredes de concreto: (a) em região abaixo da janela, (b) em região entre janelas e (c) região inferior da parede em contato com a laje durante processo de recuperação (Arquivo Desek, 2022)

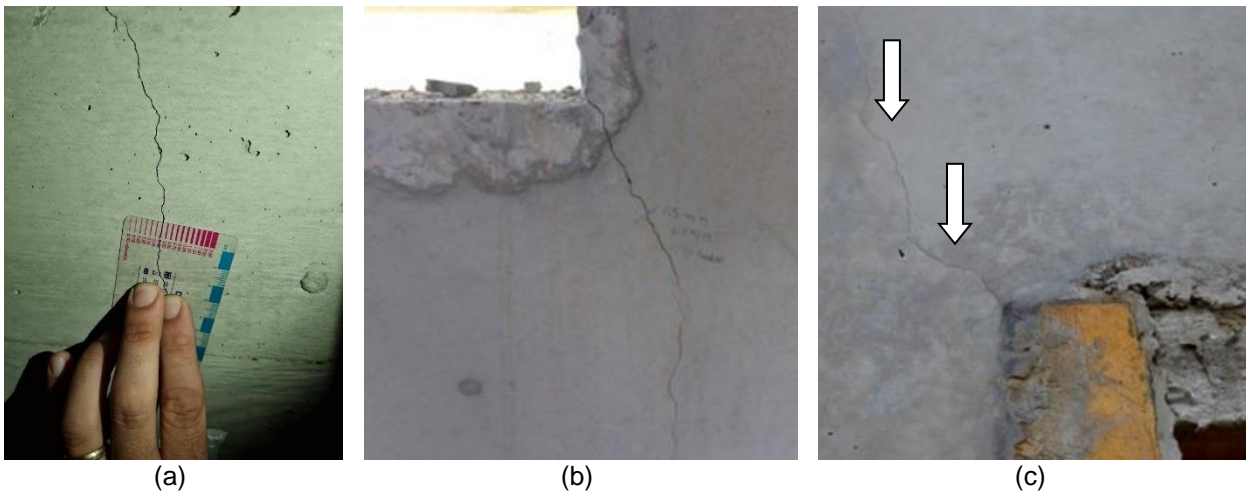


Figura 3 – Fissuras em paredes devido à retração por secagem do concreto, sendo (a) vertical com abertura de 0,40 mm a partir da sua extremidade inferior e (b) inclinada em canto inferior de janela e (c) inclinada em canto superior de janela (Arquivo Deseq, 2022)

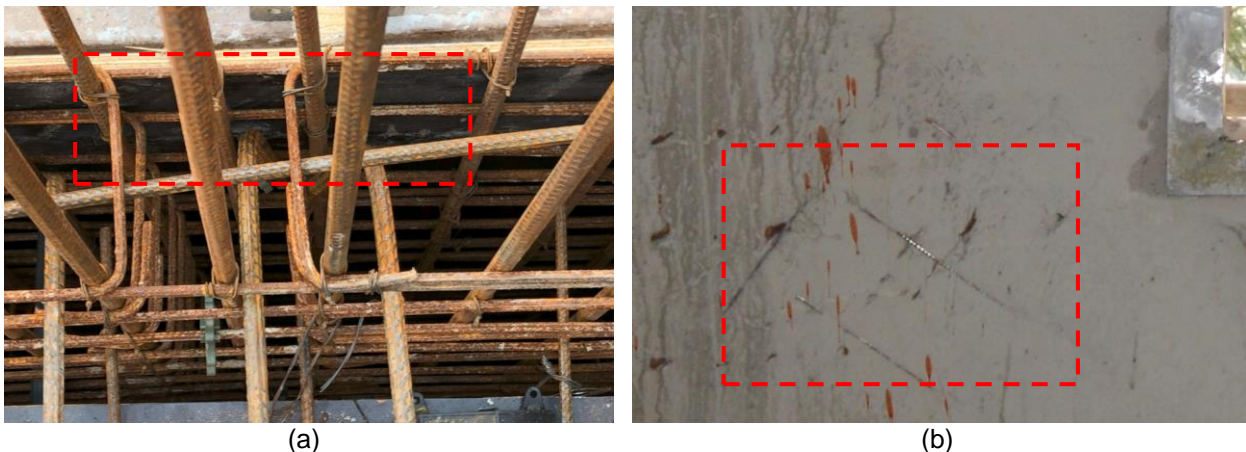


Figura 4 – (a) Região sem espaçador e armadura em contato com a fôrma e (b) parede de concreto com armaduras sem cobrimento adequado pelo concreto (Arquivo Deseq, 2022)



Figura 5 – (a) Fôrmas previamente a concretagem sem limpeza adequada e com restos de concreto aderidos e (b) buracos no concreto desmoldado decorrentes do mau estado da fôrma e provável perda de trabalhabilidade do concreto autoadensável (Arquivo Deseq, 2020)



Figura 6 – Fuga do concreto autoadensável devido à má vedação (a) em região lateral e (b) em região inferior das fôrmas (Arquivo Deseq, 2022)



Figura 7 – (a) Exemplo de junta de construção sem tratamento adequado e (b) junta fria na parede decorrente de atraso na concretagem entre os diferentes caminhões betoneira (Arquivo Deseq, 2022)

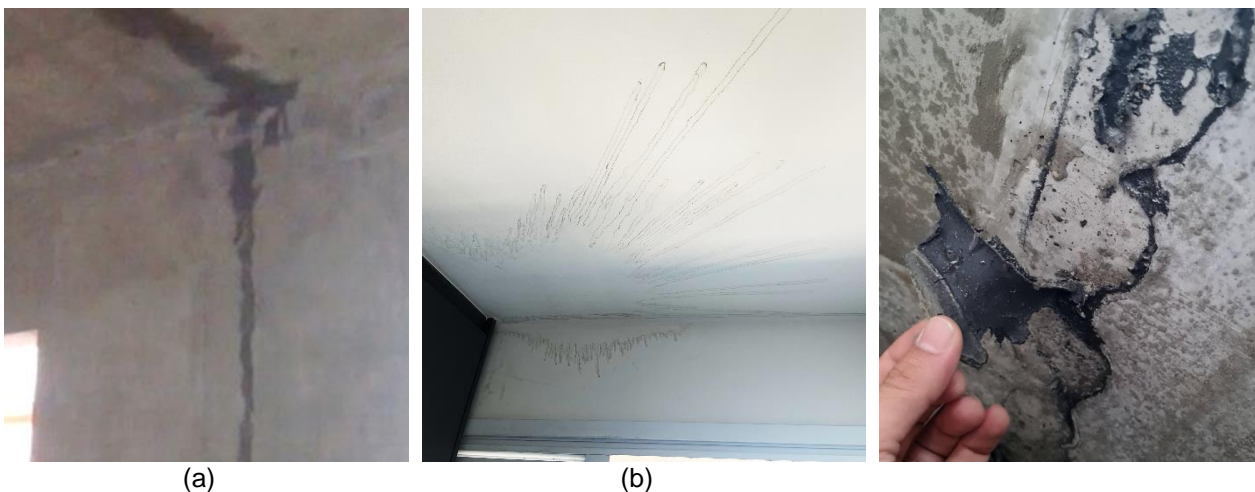


Figura 8 – Infiltração de água pela junta de construção devido à falta de tratamento adequado (a) em junta vertical (parede/parede) e (b) em apartamento entregue no contato da parede com a laje e (c) exemplo de perfil hidroexpansivo deteriorado na junta de construção e com descolamento da estrutura (Arquivo Deseq, 2022)



4 Soluções adotadas

4.1 Dosagem de concreto

Previamente a execução de estruturas de concreto é fundamental que a dosagem a ser empregada seja validada por meio de ensaios laboratoriais. Estes ensaios têm o intuito de validar as suas propriedades no estado fresco, tais como trabalhabilidade, manutenção e coesão, e para garantir que os parâmetros mecânicos especificados em projeto sejam atendidos.

Dentre as manifestações patológicas mais frequentes em paredes de concreto e que podem estar relacionadas a uma dosagem inadequada, pode-se citar a ocorrência de vazios de concretagens, juntas frias, e a ocorrência de fissuração devido à retração por secagem. Estas manifestações patológicas também podem ser minimizadas com boas práticas executivas, tais como o adequado lançamento, adensamento e cura do concreto. No entanto, existem alternativas a serem adotadas para a dosagem dos concretos que têm demonstrado bons resultados na execução de paredes, que serão discutidas a seguir.

4.1.1 Concreto autoadensável

O emprego de concreto autoadensável tem demonstrado bons resultados para a execução de paredes moldada no local, principalmente na redução de ocorrências de vazios de concretagem. Concretos com classe de abatimento S220 (abatimento igual ou superior a 220 mm) poderão ser empregados desde que seja garantida a sua perfeita vibração e adensamento no interior das fôrmas, principalmente na região abaixo das janelas, muitas vezes apresentando maior dificuldade de preenchimento adequado dependendo das dimensões das paredes e das taxas de armadura.

No caso do concreto autoadensável, deve-se levar em consideração a tomada de cuidados especiais na utilização deste tipo. A Tabela 1 lista alguns pontos positivos e de atenção quando do emprego do concreto autoadensável para a execução de paredes de concreto.

Tabela 1 - Pontos positivos e de atenção na utilização de concreto autoadensável para paredes de concreto

Pontos positivos	Pontos de atenção
<ul style="list-style-type: none">– Significativa redução na ocorrência de vazios de concretagem.<ul style="list-style-type: none">– Maior velocidade de execução.– Redução na mão de obra requerida para lançamento e adensamento.	<ul style="list-style-type: none">– Possibilidade de requerer adição de aditivo em obra.– Necessidade de garantir a estanqueidade das fôrmas.– Maior custo devido aos tipos de aditivos utilizados.

Os estudos laboratoriais são importantes para o desenvolvimento dos traços de concreto e realização de eventuais ajustes na proporção dos materiais constituintes do concreto previamente ao seu emprego em obra. Para as dosagens experimentais de concreto autoadensável podem ser realizados ensaios específicos conforme a NBR 15823-1 (ABNT, 2017). A Figura 9 mostra alguns ensaios realizados em laboratório para a avaliação do desempenho do concreto autoadensável de obra localizada em São Paulo, SP.

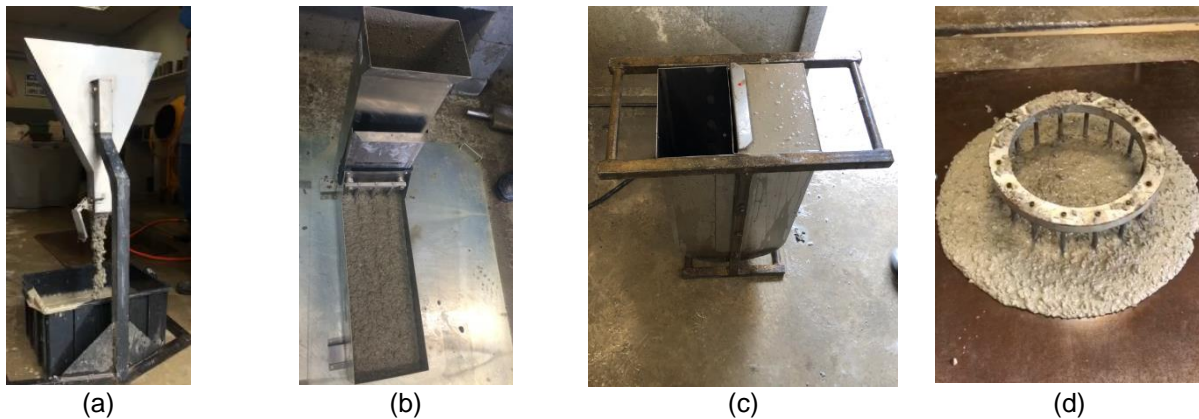


Figura 9 – Ensaio de habilidade passante do concreto autoadensável segundo NBR 15832 pelos métodos: (a) Funil V, (b) Caixa L, (c) Caixa U e (d) anel J (Arquivo Desek, 2021)

4.1.2 Concreto de baixa retração e/ou com utilização de fibras

No intuito de minimizar a ocorrência de fissuras decorrentes de retração por secagem, algumas ações têm se demonstrado eficazes, tais como:

- Desenvolvimento e utilização de concreto de menor retração por meio da redução no consumo de cimento e com menor relação água/cimento;
- Desenvolvimento e utilização de concreto com retração compensada por meio da adição de aditivo compensador de retração a base de óxido de cálcio;
- Desenvolvimento e utilização de concreto reforçado com fibras. Ressalta-se que estão disponíveis no mercado diferentes tipos de fibras e que, dependendo do seu tipo e consumo utilizado, o combate à retração é mais eficiente.

É possível realizar ensaios laboratoriais para avaliar comparativamente a variação dimensional quanto à retração de diferentes traços de concreto, conforme indicações da NBR 16834 (ABNT, 2020).

4.2 Alternativas executivas: pré-concretagens

4.2.1 Armações

O dimensionamento das armações é objeto de estudo do responsável pelo projeto estrutural. Normalmente as solicitações das paredes de concreto não requerem armações tão densas a ponto de prejudicar a compactação do concreto, conforme comentado por Dantas *et al.* (2019). No entanto, existe a possibilidade de utilizar um concreto reforçado com fibras como um redutor de armadura convencional ou como substitutivo da armadura em menores níveis de solicitação, caso desejado, conforme as normas NBR 16055 (ABNT, 2022) e a NBR 16935 (ABNT, 2021).

Tem sido comum o surgimento de fissuras em regiões de cantos de janelas mesmo em casos em que se tem utilizado concretos de baixa retração. Desta maneira, uma medida que tem se demonstrado eficaz é o dimensionamento de reforço de aço nos cantos das janelas pelos projetistas no intuito de minimizar a probabilidade de ocorrência de fissuras nestas regiões, conforme exemplos mostrados na Figura 10.



(a)



(b)

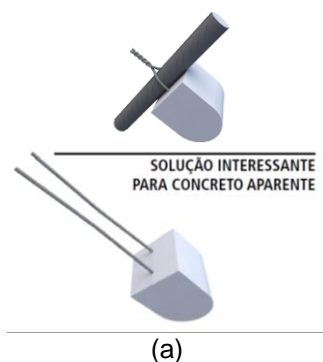
Figura 10 – (a) Barras inclinadas e (b) telas eletrosoldadas instaladas como reforço em cantos de janelas para evitar fissuração devido à retração do concreto (Arquivo Deseq, 2022)

4.2.2 Espaçadores

Os espaçadores de plástico têm se demonstrado eficientes na garantia do cobrimento das armaduras pelo concreto desde que utilizados corretamente no que se refere a sua instalação e quantidade por m^2 . No entanto, por não terem elevada resistência mecânica, estes tipos tendem a se deslocar e a quebrar com maior facilidade, requerendo maior nível de atenção em suas instalações.

Uma alternativa que tem se demonstrado eficiente e com menor ocorrência de deslocamentos e quebras é a utilização de espaçadores de argamassa, que podem ser pré-fabricados ou fabricados em obra. Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2023) este tipo de espaçador deve ter relação água/cimento $\leq 0,50$ e, segundo França & Associados (2021), recomenda-se que este tenha o mesmo f_{ck} e relação água/cimento de projeto, respeitando a classe de agressividade ambiental do projeto em questão.

Um ponto de atenção é que, dependendo da geometria dos espaçadores utilizados, marcas superficiais podem surgir, o que costuma ser indesejado em caso de paredes de concreto aparentes. Em estruturas aparentes, os espaçadores de argamassa que têm demonstrado melhor desempenho estético são os que possuem a extremidade arredondada no seu contato com a fôrma. A Figura 11 mostra exemplos de alguns espaçadores de argamassa.



(a)



(b)



(c)

Figura 11 – Exemplos de espaçadores de argamassa: (a) pré-fabricados com extremidade arredondada (França & Associados, 2021), (b) fabricados em obra sem a extremidade arredondada e (c) exemplo de espaçador sem a extremidade arredondada aparente após a desfôrma (Arquivo Deseq, 2021)

4.2.3 Fôrmas e desmoldantes

É notável a influência do estado de conservação e da limpeza das fôrmas na qualidade de acabamento das paredes de concreto após a sua desforma. Restos de concreto de concretagens antigas aderidos nas fôrmas podem resultar em paredes com quantidades excessivas de bolhas e/ou buracos que, dependendo do caso, podem requerer reparos previamente a execução do revestimento da fachada. Evidencia-se, portanto, a importância da aplicação de desmoldantes nos painéis das fôrmas metálicas ou de madeira para auxiliar na desforma e na sua preservação. Em paredes de concreto aparente devem ser utilizados desmoldantes que não causem manchas na superfície do concreto.

No caso de paredes que serão executadas com concreto autoadensável, é fundamental garantir a estanqueidade das fôrmas para evitar a fuga do concreto fresco durante o seu lançamento entre os painéis, região de contato entre a parede e a laje e entre as paredes quando os pavimentos são executados em dias distintos. A utilização de materiais flexíveis nestas regiões tem mostrado bons resultados quanto a garantia da vedação durante o lançamento do concreto.

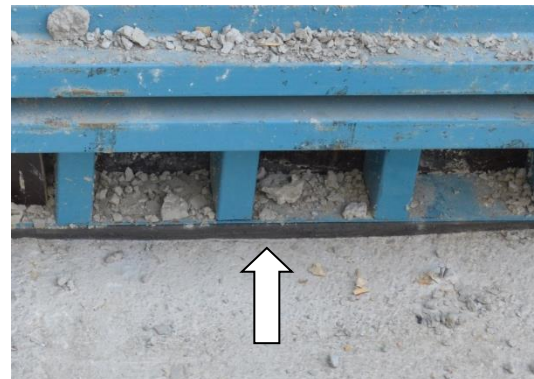


Figura 12 – Exemplos de vedação das regiões inferiores das fôrmas para paredes de concreto com materiais flexíveis (Arquivo Deseq, 2022)

4.2.4 Garantia de estanqueidade nas juntas de construção

A realização de tratamento superficial de juntas de construção, no intuito de expor adequadamente os agregados graúdos do concreto endurecido e posterior limpeza com jato d'água, tem se demonstrado eficiente para a garantia da aderência e da estanqueidade na interface entre os concretos de duas etapas construtivas distintas. No entanto, em casos em que não se pode garantir o adequado tratamento e, principalmente em regiões constantemente expostas à umidade tais como as paredes da fachada, uma alternativa para garantir a estanqueidade na junta de construção é por meio da instalação de perfis hidroexpansivos.

Com este perfil é possível garantir a estanqueidade da junta de construção e impedir eventual infiltração de água pelo concreto. Dois tipos de perfis são comumente utilizados, sendo um à base de bentonita e outro de base de resina. Ambos os perfis têm mostrado bom desempenho na garantia da estanqueidade de juntas de construção, no entanto os perfis à base de resina têm demonstrado desempenho superior em regiões expostas aos ciclos de molhagem e secagem.

Alternativamente, alguns produtos para garantia de estanqueidade estão disponíveis no mercado como selantes que são aplicados manualmente em forma de gel, e que geralmente são fabricados à base de poliuretano.



(a)



(b)

Figura 13 – Exemplos de perfis hidroexpansivos: (a) selante base poliuretano aplicado em forma de gel em laje de subpressão e (b) base bentonita instalado em junta vertical (Arquivo Deseq, 2021)

4.3 Alternativas executivas: concretagens

4.3.1 Recebimento e aceitação do concreto autoadensável

É comum que, quando da utilização de concreto autoadensável, o aditivo que conferirá esta condição seja adicionado em obra, tendo em vista o reduzido tempo da manutenção da trabalhabilidade do concreto e os problemas relacionados com o transporte de um concreto com tal fluidez. Dependendo da distância entre a concreteira e a obra, o concreto autoadensável poderá vir preparado para o seu lançamento desde que a sua trabalhabilidade não seja prejudicada. Isto deverá ser verificada previamente por meio de ensaios laboratoriais e testes na obra. Desta maneira, cita-se algumas práticas que tem dado bons resultados neste processo:

- Adotar uma faixa de abatimento (*slump*) inicial a ser verificada previamente à adição do aditivo em obra. Caso o abatimento verificado esteja abaixo da faixa especificada, fazer o ajuste com adição de água, dentro do limite do “corte” que deverá ser indicado pelo fornecedor de concreto;
- Adição do aditivo no caminhão betoneira por meio da utilização de aparato para garantir o seu lançamento na região central do balão e evitar o excesso de aditivo na região das facas do caminhão betoneira (Figura 14). A quantidade máxima de aditivo a ser utilizada para o ajuste do concreto deverá ser indicada pelo seu fornecedor;
- Anotar as quantidades de aditivo requeridas em obra para atingir o espalhamento (*slump flow*) especificado, a temperatura ambiente no momento da concretagem, e os intervalos de tempo entre transporte, chegada na obra, adição do aditivo e lançamento do concreto.

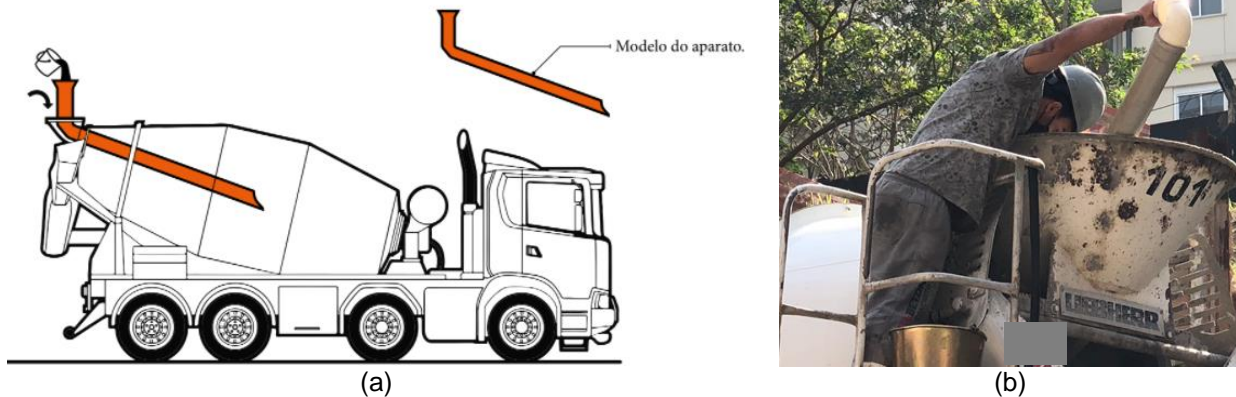


Figura 14 – Exemplo de aparato adotado para a adição de aditivo em obra: (a) esquema ilustrativo e (b) utilização em obra (Instituto Brasileiro de Impermeabilização (2021) e Arquivo Desek (2020))

4.3.2 Lançamento do concreto

Um problema frequentemente verificado durante o lançamento do concreto é a altura de queda durante o seu lançamento nas fôrmas, o que pode acarretar a segregação dos materiais. Para reduzir os problemas relacionados a este impacto como deslocamentos de armaduras e fôrmas, segregação do concreto, vazios de concretagem e defeitos na qualidade do seu acabamento superficial, algumas técnicas têm sido utilizadas com sucesso como mostra a Figura 15.



Figura 15 – Exemplos de aparatos adotados em obras: (a) mangote deitado em uma “rampa” para suavizar a queda do concreto em obra em São Paulo, SP e (b) aparato para reduzir a altura de queda do concreto em obra em Ribeirão Preto, SP (Arquivo Desek, 2022)

4.3.3 Adensamento do concreto

Mesmo com a utilização de concretos de maior fluidez, como um concreto de classe de consistência S220 (abatimento igual ou superior a 220 mm), destaca-se a importância da utilização de vibrador tipo “agulha” para o seu perfeito adensamento e preenchimento das fôrmas. Em caso de utilização de concreto autoadensável, apesar de poder ser dispensada a vibração do concreto, tem-se notado que o ponteamento controlado do concreto autoadensável por poucos segundos com o vibrador de imersão pode contribuir para minimizar eventuais bolhas e/ou buracos superficiais devido ao ar aprisionado na interface com a fôrma. Em alguns casos, quando há maiores intervalos de lançamento entre os diferentes caminhões betoneira em um mesmo elemento estrutural, o vibrador poderá ser utilizado para garantir a perfeita costura do concreto.

Uma alternativa que também tem apresentado bons resultados no adensamento e na melhoria do acabamento superficial do concreto é a utilização de vibradores do tipo “carrapato”, instalados externamente nas fôrmas, além da utilização de martelo de borracha. O emprego de geotêxteis especiais na parte interna das fôrmas reduz significativamente as bolhas de ar e melhora consideravelmente o acabamento do concreto.



(a)



(b)

Figura 16 – Exemplos de alternativas adotadas em obras para minimizar eventuais bolhas em paredes de concreto: (a) vibrador do tipo “carrapato” e (b) utilização de martelo de borracha (Arquivo Deseq, 2021)

4.4 Alternativas executivas: pós-concretagens

4.4.1 Cura

A cura é um processo fundamental para a garantia de qualidade e da durabilidade de uma estrutura de concreto. As paredes de concreto, por serem estruturas verticais, tendem a apresentar maior dificuldade na sua realização. No caso de cura úmida, uma alternativa é utilizar manta geotêxtil permanentemente úmida que pode ser feita manualmente ou com auxílio de sistema de irrigação, aspersão ou gotejamento com o uso de temporizadores programados. A manta geotêxtil pode, ainda, ser mantida para a proteção mecânica superficial das paredes, o que pode ser importante em caso de estruturas aparentes. No caso de cura química, estão disponíveis no mercado principalmente produtos à base de água, resina e parafina, que normalmente podem ser aplicadas por aspersão ou com rolo. Para verificar os produtos de cura química no mercado que apresentam os melhores desempenhos, é possível comparar suas características em função dos requisitos indicados na norma C309 (ASTM, 2019).



(a)



(b)



(c)

Figura 17 – Exemplos de alternativas para a cura de paredes de concreto: (a) manta geotêxtil úmida, (b) sistema automatizado para manter as mantas úmidas e (c) aplicação de cura química com aspersor (Arquivo Deseq, (a) 2019, (b) 2020 e (c) 2022)

4.4.2 Controle tecnológico

Problemas relacionados a moldagem, cura, armazenamento e transporte dos corpos de prova podem impactar nos resultados mecânicos do concreto. A cura inicial dos corpos de prova (período entre as primeiras 24 a 48 horas de moldagem dos corpos de prova) por si só pode afetar os resultados de resistência à compressão na idade de 28 dias em até 15,2%, conforme apontado por Borin *et. al.* (2019).

Neste contexto, no sistema de paredes de concreto é comum haver uma resistência mínima especificada para a remoção ou movimentação das fôrmas. Como em alguns casos há a necessidade de verificação de resistência antes de 24 horas e tendo em vista que a NBR 5738 (ABNT, 2015) não recomenda o transporte dos corpos de prova antes do endurecimento do concreto, é comum que seja feita a instalação de laboratórios de controle tecnológico no canteiro de obras para a realização de ensaios de compressão.

Desta maneira, a instalação e a realização de ensaios de compressão para a liberação da desforma já se tornou uma prática comum neste tipo de sistema. No entanto, com a revisão da NBR 16055 (ABNT, 2022) é permitido o controle da resistência de desforma pelo método da maturidade. O método da maturidade é um método não destrutivo que, a partir de uma curva de calibração pré-desenvolvida em laboratório, permite estimar a resistência à compressão e outras propriedades mecânicas do concreto a partir do monitoramento de suas temperaturas. Atualmente para desenvolvimento das curvas de calibração e aplicação do método da maturidade normalmente são seguidas as orientações da norma americana C1074 (ASTM, 2019).

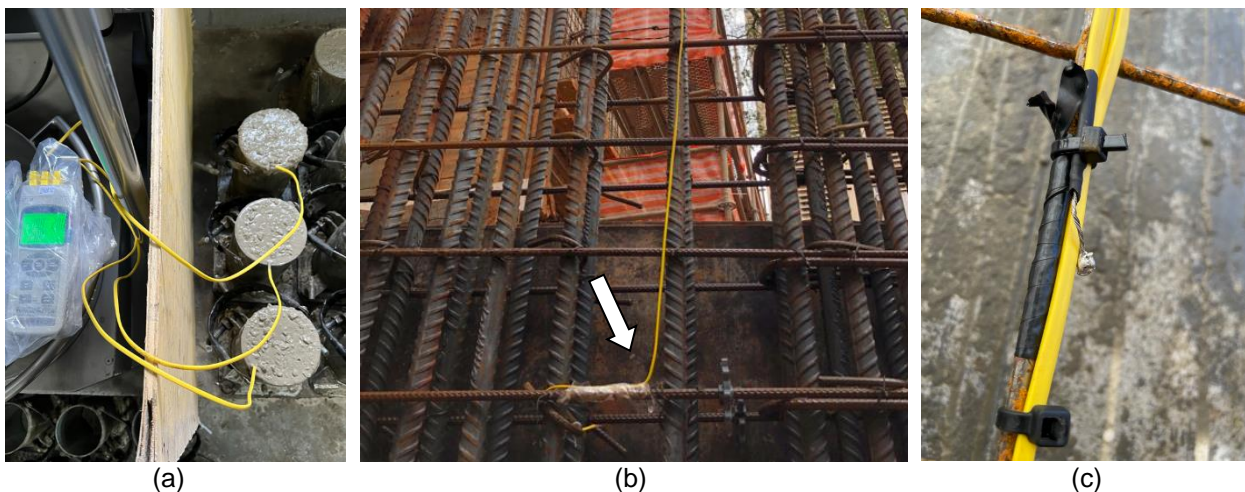


Figura 18 – Etapas do processo de controle de resistência à compressão pelo método da maturidade: (a) desenvolvimento de curva de calibração em laboratório, (b) instalação dos termopares na parede previamente a concretagem e (c) detalhe do termopar instalado (Arquivo Deseq, 2022)

Um dos principais benefícios da utilização do método da maturidade em paredes de concreto é que, devido às suas espessuras, estas acumulam maior quantidade de calor e conseqüentemente adquirem resistência mais rapidamente que os corpos de prova moldados. Segundo Kuninari *et. al.* (2022), em testes realizados ao longo de 4 meses em uma obra em São Paulo, SP, a resistência à compressão estimada pelo método da maturidade em paredes de concreto na idade de 24 horas foi em média 47% superior aos resultados obtidos por ruptura dos corpos de prova moldados em obra para a mesma idade, o que poderia reduzir em até 30% o tempo de desforma neste caso.

4.4.3 Tratamento das juntas de construção

Entre duas etapas de concretagem é fundamental realizar o tratamento da junta de construção para garantir a perfeita aderência entre dois concretos. Caso seja criada uma “junta fria”, ou seja, com o concreto já endurecido, esta deverá ser tratada com o uso de rompedor mecânico seguido de hidrojateamento, o que em alguns casos é um procedimento que apresenta dificuldades operacionais. Uma maneira eficiente para o tratamento de juntas de construção em sistema de paredes de concreto moldada no local é com a realização do corte verde, que consiste no jateamento de água na superfície da junta imediatamente após o tempo de fim de pega do concreto, de modo a remover a pasta de cimento e expor o agregado graúdo. Neste caso, devem ser monitorados os tempos de início e fim de pega do concreto.

Uma outra maneira é com a utilização de retardador de pega superficial, que é um produto industrializado a ser aplicado na superfície da junta após o fim da concretagem. O produto age de modo a não permitir o endurecimento superficial do concreto, e após a remoção da pasta superficial, que poderá ser feita no dia seguinte a concretagem, a superfície apresenta-se adequada para receber o novo concreto da próxima etapa de concretagem.

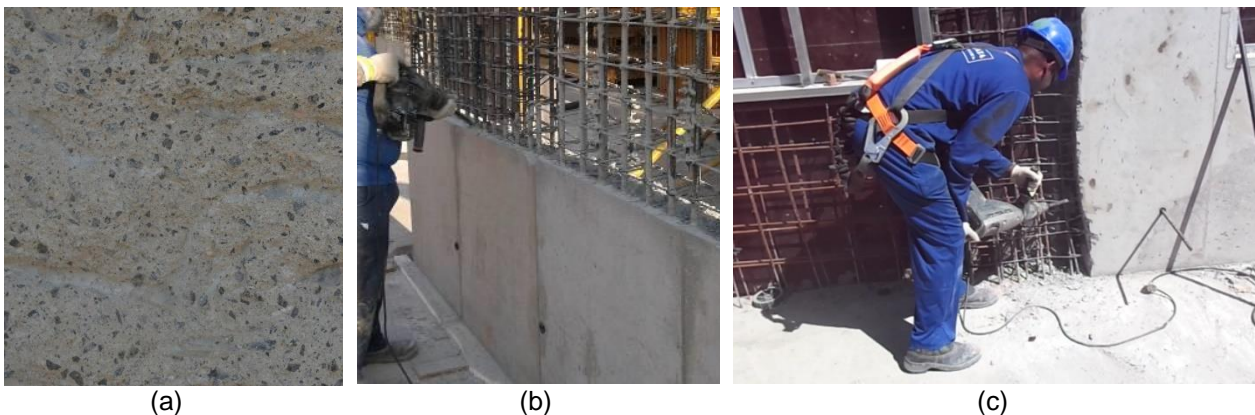


Figura 19 – Etapas do processo de tratamento da junta de construção: (a) aspecto desejado após o tratamento com exposição do agregado graúdo do concreto, (b) tratamento com rompedor mecânico em junta horizontal e (c) em junta vertical (Arquivo Desek, 2021)

4.4.4 Tratamento dos furos das paredes

Os furos deixados nas paredes de concreto da fachada devido aos suportes e travamento das fôrmas devem ser preenchidos com materiais e procedimentos adequados previamente definidos, tendo em vista que eventuais fissurações ou emprego de material de baixa qualidade criam um ponto frágil para a eventual entrada de umidade. Bons resultados têm sido obtidos com produtos industrializados, como argamassas poliméricas e grautes. Um ponto de atenção é que, mesmo sendo empregados produtos de baixa retração, é fundamental a realização de cura úmida ou cura química após o preenchimento dos furos, tendo em vista que as fissuras geralmente verificadas neste tipo de elemento são decorrentes de retração por secagem e/ou da baixa qualidade do material.

4.4.5 Execução de protótipos

A execução de protótipos previamente ao início das concretagens definitivas das paredes de concreto tem se demonstrado fundamental para garantir a qualidade de execução das estruturas. A partir do protótipo é possível testar em campo o desempenho da dosagem de concreto, verificar todas as etapas do processo executivo, treinar e orientar as equipes para as futuras concretagens, testar os produtos escolhidos (desmoldantes, espaçadores etc.), e ainda verificar possíveis dificuldades e pontos de melhoria. Em casos de paredes de concreto aparente, considera-se que os protótipos são indispensáveis para que sejam verificados também o acabamento e a coloração das estruturas, com o objetivo de garantir que os anseios dos responsáveis pelo projeto arquitetônico também sejam atendidos.



Figura 20 – Protótipos de paredes de concreto em (a) fase de instalação das fôrmas e (b) após execuções (Arquivo Deseq, 2021)

5 Considerações finais

Este trabalho teve o objetivo de reunir algumas das soluções adotadas em obras de paredes de concreto e que contribuíram para a melhoria da qualidade destas estruturas. É evidente que a execução deste tipo de estrutura requer cuidados especiais quando comparados com estruturas convencionais. Considerando o crescente número de edificações com sistemas de paredes de concreto moldada no local, é fundamental a difusão de boas práticas construtivas e de controle tecnológico.

Dentre as soluções apresentadas, considera-se imprescindível que a dosagem de concreto a ser utilizada seja previamente estudada e que esta seja escolhida com base em resultados de ensaios que atestem o atendimento a todos os parâmetros requeridos no projeto. A execução de protótipos na obra são complementares aos estudos laboratoriais, no qual poderão ser avaliados os desempenhos em campo para eventuais ajustes, caso necessário, previamente a execução definitiva. O alinhamento prévio entre os envolvidos nas concretagens sobre os procedimentos de execução, materiais a serem empregados e o controle tecnológico é fundamental para a garantia da qualidade.

As novas tecnologias se mostram como importantes aliadas, tanto na possibilidade de desenvolvimento de dosagens de concreto específicas para minimizar manifestações patológicas quanto nos produtos disponíveis no mercado para auxiliar na qualidade de execução. Além disso, ressalta-se a oportunidade de controle da resistência de desforma pelo método da maturidade, sendo essa uma nova tendência no mercado nacional para otimização das dosagens de concreto por meio da redução do consumo de cimento.



6 Referências

ABNT. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2023.

ABNT. **NBR 15823-1: Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco.** Rio de Janeiro, 2017.

ABNT. **NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro, 2022.

ABNT. **NBR 16834: Concreto – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear).** Rio de Janeiro, 2020.

ABNT. **NBR 16935: Projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2021.

ASTM. **C309: Standard specification for liquid membrane-forming compounds for curing concrete.** 2019.

ASTM. **C1074: Standard practice for estimating concrete strength by the maturity method.** 2019.

BORIN, L.A., *et al.* **Influência do tipo de cura nas primeiras idades na resistência à compressão do concreto.** Anais do 61º Congresso Brasileiro do Concreto. Fortaleza, IBRACON, 2019.

DANTAS, J.A., *et al.* **Sistemas parede de concreto moldado no local com concreto com fibras.** 3º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos. Fortaleza, 2021.

FRANÇA, R.G.R. **Causas, diagnósticos e tratativas de patologias em paredes de concreto: Estudos de caso.** Unievangélica, Anapólis, 2019.

FRANÇA & ASSOCIADOS PROJETOS ESTRUTURAIS. **Manual de boas práticas – Montagem de armaduras de estruturas de concreto armado.** 1ª Edição, São Paulo, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **Manual de utilização de aditivos químicos para concreto.** 2ª edição, São Paulo, 2021.

KUNINARI, T.H., *et al.* **Método da maturidade para controle da execução de estrutura em concreto aparente – Estudo de caso.** Anais do Jubileu de Ouro. Brasília, IBRACON, 2022.