CAPÍTULO 15 · Parte I · Deterioração e ensaios
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/nnb1bp29
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/hhe9yh44

PROPOSIÇÃO DE MÉTODO PARA ENSAIO EM CAMPO DE ESTANQUEIDADE EM FACHADAS DE PAINÉIS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADOS

Cristian Mateus Mossmann[1]*; Vinicius de Kayser Ortolan[2]; Felipe Schneider[3]; Bernardo Tutikian[4].
*Autor de contato: cristianmmossmann62@gmail.com

[1] Graduação em engenharia civil, Feevale, Novo Hamburgo/RS, Brasil
[2] Graduação em engenharia civil, Feevale, Novo Hamburgo/RS, Brasil
[3] Programa de pós-graduação em engenharia civil, Unisinos, São Leopoldo/RS, Brasil
[4] Programa de pós-graduação em engenharia civil, Unisinos, São Leopoldo/RS, Brasil

RESUMO

O artigo propõe um método experimental para ensaio em campo de estanqueidade à água em fachadas constituídas por painéis de concreto pré-fabricados, diante da carência de procedimentos simplificados para avaliação in loco desse sistema. A metodologia foi desenvolvida a partir da adaptação da NBR 10821-7 e do Anexo C da NBR 15575-4, com a fabricação de um equipamento portátil de aspersão capaz de manter vazão de 20 L/min, pressão controlada de até 2,40 kgf/cm² e distância padronizada de aplicação. Os ensaios foram realizados em uma fachada-teste subdividida em cinco áreas, avaliando juntas seladas com polímero híbrido MS40 e, em uma segunda etapa, uma solução com fita de espuma adesiva associada ao selante. Os resultados indicaram que o método foi capaz de detectar de forma sensível falhas de estanqueidade em condições de campo. De modo geral, o estudo conclui que o procedimento proposto é tecnicamente viável para inspeção em campo, confirma a eficiência do selante MS40 quando corretamente aplicado e demonstra a utilidade do método para diagnóstico e validação de reparos em fachadas de painéis pré-fabricados.
Palavras-chave: estanqueidade; painéis de concreto pré-fabricado; fachada.

ABSTRACT

This study proposes an experimental method for on site water tightness testing of façades composed of precast concrete wall panels, addressing the lack of simplified field procedures for assessing the in-service performance of this building system. The method was developed by adapting the criteria of ABNT NBR 10821-7 and Annex C of ABNT NBR 15575-4, and included the fabrication of a portable spraying device capable of maintaining controlled test parameters, with a constant pressure of 2.40 kgf/cm², a flow rate of 20 L/min, and a fixed application distance. The experimental program was carried out on a test façade divided into five areas and comprised two

stages for the assessment of joint sealing performance. In the first stage, joints sealed with a hybrid elastic MS polymer sealant (MS40) showed satisfactory water tightness. In the second stage, the method was also able to detect loss of water tightness associated with sealant discontinuity in the joint region. Overall, the results demonstrate that the proposed procedure is technically feasible, sensitive to leakage occurrence, and suitable for diagnosing defects and validating corrective interventions in precast concrete panel façades.
Keywords: water tightness; precast concrete wall panels; façades.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira, nas últimas décadas, vem passando por um processo de transformação significativo, impulsionado pela busca constante por maior eficiência, qualidade e racionalização dos processos construtivos. Nesse cenário, o uso do concreto pré-fabricado tem ganhado força principalmente após a década de 1970, como uma alternativa viável e amplamente vantajosa devido à sua agilidade de execução e ao rigoroso controle de qualidade, além de contribuir de forma expressiva para a redução dos impactos ambientais associados às atividades da construção civil (Bastos, 2023). Contudo, apesar do crescimento exponencial na utilização desse sistema construtivo, ainda existem desafios inerentes ao seu comportamento em serviço, a exemplo da estanqueidade das vedações verticais, que constitui um requisito de desempenho importante para assegurar a habitabilidade e a vida útil das estruturas. O tratamento adequado das juntas de painéis de parede de concreto pré-fabricado exige atenção especial, diante da crescente adoção desses elementos nos últimos anos (ABDI, 2015). A necessidade de cuidado técnico torna-se ainda maior em obras expostas a condições climáticas adversas, como chuvas intensas e elevada umidade ambiental (Ribeiro, 2006). Entre os fatores que influenciam diretamente a eficiência da vedação, destacam-se a escolha correta do material selante, a forma adequada de aplicação e o rigoroso preparo das superfícies, configurando-se como um ponto crítico que necessita de estudos específicos e de soluções metodológicas aplicáveis (Medeiros; Helene, 2009).

O objetivo geral deste estudo consiste em propor um método experimental para o ensaio de infiltração de água em fachadas compostas por painéis de parede de concreto pré-fabricado. Para alcançar tal finalidade, delinearam-se os seguintes objetivos específicos: elaborar o equipamento necessário para a execução controlada do ensaio de infiltração de água em campo; validar o método de ensaio proposto diretamente em fachadas de painéis de parede de concreto pré-fabricado; analisar a eficiência da estanqueidade das juntas de vedação utilizando a metodologia desenvolvida; avaliar a estanqueidade de um painel que apresenta como manifestação patológica uma fissura vertical, testando-a após o respectivo tratamento corretivo; e, por fim, validar os procedimentos de manutenção de fissuras passivas com o intuito de restabelecer e manter a estanqueidade global da fachada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema construtivo com painéis de parede de concreto pré-fabricado é caracterizado por ser composto basicamente por três elementos principais: o próprio painel de concreto, os dispositivos mecânicos de ligação e fixação, e as juntas de vedação. A execução adequada e compatibilizada desses três componentes é a variável fundamental para o desempenho adequado desse sistema de vedação vertical (Oliveira, 2002). Com foco na otimização dos processos construtivos e na redução substancial de custos operacionais, Silva (2009) destaca que a adoção de sistemas pré-fabricados deve ser rigorosamente planejada desde a concepção inicial do projeto arquitetônico e estrutural, a fim de potencializar os benefícios econômicos ao longo de toda a vida útil da obra. Adicionalmente, os elementos constituintes do sistema devem ser projetados e

executados em estrita conformidade com as exigências de durabilidade e segurança estabelecidas pelas normas técnicas vigentes, com destaque para a NBR 9062 (ABNT, 2017), NBR 6118 (ABNT, 2026) e NBR 16475 (ABNT, 2017), e, em caso de a edificação possuir uso habitacional, a NBR 15574-5 (ABNT, 2021), especialmente no que se refere ao requisito de estanqueidade à água. A correta e integral aplicação desses requisitos normativos é considerada indispensável para garantir o desempenho térmico e acústico, a segurança estrutural e a durabilidade sistêmica das estruturas (ABNT, 2023). Sob a ótica da viabilidade econômica, o uso de elementos pré-fabricados se torna altamente atrativo na construção civil impulsionado pelo fator de repetição de peças, que atua reduzindo os custos unitários de produção e montagem. A despeito da visão de que os painéis pré-fabricados limitam a liberdade arquitetônica da edificação, Van Acker (2002) considera que o sistema construtivo pré-fabricado permite considerável versatilidade plástica e flexibilidade de projeto.

Para compreender as particularidades desse sistema, é necessário observar a classificação estipulada pela NBR 16475 (ABNT, 2017), que define quatro critérios distintos para a categorização dos painéis de parede de concreto pré-fabricado: a conformação da seção transversal, a finalidade de utilização, o padrão de acabamento superficial das peças e a função estrutural atribuída ao elemento. Quanto à seção transversal, os painéis podem ser classificados nos seguintes tipos: maciços, alveolares, nervurados, tipo sanduíche, reticulado misto e de parede dupla (ABNT, 2017). A disponibilidade de diferentes seções transversais permite aos projetistas a escolha da tipologia arquitetônica mais adequada para cada empreendimento, ponderando aspectos técnicos como o desempenho estrutural frente aos esforços solicitantes, o nível de isolamento térmico exigido, a facilidade logística de execução e a economia de materiais. O entendimento profundo das particularidades de cada uma dessas tipologias é considerado essencial para assegurar a máxima eficiência e a qualidade construtiva das edificações em que os painéis são empregados (Medeiros, 2017). No que tange à função de uso, a NBR 16475 (ABNT, 2017) classifica os painéis em residenciais, comerciais e industriais. As edificações que possuem até cinco pavimentos e que utilizam painéis de parede com função estrutural são classicamente categorizadas como residenciais, desde que respeitem limites geométricos e de carga, tais como o emprego de lajes com menor vão livre não superior a 4 metros, uma sobrecarga máxima de 3 kN/m² e um pé-direito máximo fixado em 3 metros. Quanto ao padrão de acabamento, a superfície dos painéis pode ser classificada em bruta ou arquitetônica (ABNT, 2017). O painel do tipo bruto caracteriza-se por necessitar, após a fase de montagem, da aplicação de acabamentos complementares em obra, tais como pintura, emassamento com gesso ou revestimento em argamassa. Segundo Medeiros (2017), esse modelo de painel é usualmente empregado em obras onde se prevê uma elevada personalização posterior dos ambientes internos e externos. Por outro lado, o painel do tipo arquitetônico já é desmoldado na fábrica com o acabamento final incorporado à sua face, dispensando etapas de revestimento subsequentes.

A junção entre diferentes painéis dá origem às juntas de vedação, regiões críticas no que tange à estanqueidade do sistema, necessitando de tratamento eficaz para manter a estanqueidade do ambiente construído e evitar a propagação de tensões e danos resultantes das movimentações dinâmicas dos elementos (Bastos, 2023). Conforme aponta Oliveira (2002), o posicionamento estratégico das juntas interfere de modo direto na eficácia global da vedação, na facilidade operacional de aplicação dos produtos selantes e na capacidade mecânica de absorção de movimentações diferenciais. Devido ao natural envelhecimento dos materiais poliméricos, Van Acker (2002) adverte que o material selante aplicado nas juntas requer revisões periódicas, o que obriga que as juntas sejam projetadas em locais que permitam acesso facilitado para a execução de serviços futuros de manutenção e de eventuais reparos. Dependendo da concepção arquitetônica, as juntas podem ser do tipo abertas ou fechadas, podendo empregar sistemas de sobreposição de bordas ou elementos suplementares de drenagem para garantir a proteção contra a água da chuva

(Temoche-Esquivel et al., 2006). Quando tratadas para atuarem como juntas fechadas, utiliza-se classicamente a aplicação de selantes de base polimérica (sendo comum a utilização de formulações de silicone, sistemas em poliuretano ou polímeros híbridos tipo silano modificado), materiais que devem obrigatoriamente resultar em níveis elevados de aderência às superfícies confinantes da junta e capacidade de acomodação elástica das deformações térmicas e estruturais impostas ao sistema (Molinar, 2021). A impermeabilidade da edificação diante das intempéries depende drasticamente da integridade e da vida útil desses selantes aplicados nas interfaces do concreto pré-fabricado (Van Acker, 2002).

Para mitigar a vulnerabilidade das juntas, o projetista deve dimensioná-las com formatos e volumes estritamente compatíveis com as propriedades reológicas do selante (Ribeiro; Barros, 2010). Os selantes dividem-se macroscopicamente em produtos elastoplásticos e selantes elásticos (Ribeiro, 2006). O fator de forma da junta, que expressa a razão geométrica entre a largura da junta e a profundidade de aplicação do selante, deve ser rigorosamente respeitado, adotando-se, na ausência de especificações mais restritivas do fabricante, proporções de 1:1 a 1:2 para a maioria dos selantes, e recomendações específicas de 2:1 a 1:1 limitadas a profundidades máximas de 20 mm para elastômeros convencionais, conforme normatiza a NBR 13755 (ABNT, 2017) e reforçam Beltrame e Loh (2009). Bastos (2023) também reitera que, visando ampliar a durabilidade frente à degradação acelerada pela radiação ultravioleta, a aplicação do material deve prever um recuo físico dentro da cavidade da junta, garantindo uma camada adicional de proteção mecânica contra o vento e a incidência solar direta.

As propriedades físico-químicas exigidas dos selantes incluem adesão e coesão de alto desempenho, além de adequação de módulo de elasticidade, dureza e robustez contra o envelhecimento ambiental (Molinar, 2021; Ribeiro; Barros, 2010). A adesão é a competência do polímero em manter-se tenazmente fixado ao substrato mineral, sem falhas de contato ou descolamentos locais, fato que demanda uma superfície meticulosamente limpa e isenta de agentes contaminantes (Siqueira, 2014; Ferme; Oliveira, 2003; Medeiros, 2017). A coesão assegura que a matriz do material permaneça monolítica, livre de rupturas internas. O módulo de elasticidade deve ser sempre substancialmente inferior à rigidez do concreto contíguo, a fim de evitar que as tensões transferidas pelo selante induzam à fratura da borda do painel (Ribeiro; Barros, 2010). A norma internacional ISO 11600 (2002) classifica os selantes quanto ao módulo em baixo (inferior a 0,4 MPa) ou alto (igual ou superior a 0,4 MPa). Outro parâmetro importante é a dureza, mensurado na escala Shore A. Fachadas dinâmicas com intensa variação térmica beneficiam-se de selantes mais macios e deformáveis, situados nas faixas de baixo a médio módulo, variando entre 10 e 35 Shore A (Beltrame; Loh, 2009; Oliveira, 2002; Ribeiro; Barros, 2010). Ensaios como os estipulados na ASTM C792 (2008) e ASTM C793 (2005) são utilizados para aferir a resistência ao intemperismo induzido (Siqueira, 2014; Ribeiro; Barros, 2010). Dentre as diversas bases químicas disponíveis no mercado, os polímeros híbridos MS (silano modificado) têm sido recorrentemente apontados na literatura técnica recente como opções superiores para as fachadas de concreto pré-fabricado, devido à sua excelente capacidade de acomodação de tensões, elevada vida útil e extrema versatilidade aplicativa em diferentes climas (Bastos, 2023; Beltrame; Loh, 2009; Ribeiro, 2010). No entanto, o sucesso dessa aplicação demanda substrato seco, temperaturas moderadas no momento da aplicação e um processo contínuo de prensagem para eliminar aprisionamentos de ar na matriz do cordão de vedação (Binkowski, 2019; Ribeiro, 2006; Molinar, 2021).

Sob a ótica do desempenho do SVVIE, a NBR 15575-4 (ABNT, 2021) estipula que a vedação vertical não pode admitir infiltrações que evoluam para o borrifamento, escorrimento ou franca formação de gotas de água transpassantes para a face interna da edificação, embora tolere pontuais e restritas manchas de umidade que não impactem o desempenho funcional do ambiente. As fachadas de pré-fabricados, por conterem juntas de vedação, são inerentemente mais suscetíveis à falha do que alvenarias cegas e monolíticas (Bastos, 2023). A NBR 16475 (ABNT, 2017) reforça

que as condições dessas juntas devem satisfazer a já referida NBR 15575-4 (ABNT, 2021). Contudo, pesquisas como a de Kruger (2000) atestam que, havendo tratamento profissional com polímeros adequados, os pré-fabricados apresentam alto índice de confiabilidade e estanqueidade. Na avaliação laboratorial, a NBR 15575-4 (ABNT, 2021) prevê o emprego de câmaras estanques fixadas sobre a área de teste, aplicando-se pressão e jatos de água contínuos (Sathler, 2018; Franco, 2019). Devido à complexidade logística de se instalar as pesadas câmaras de pressão exigidas no Anexo C dessa norma em áreas extensas de fachadas prontas, torna-se coerente a adoção adaptada de métodos alternativos baseados na NBR 10821-7 (ABNT, 2022), voltada para ensaios de infiltração em fachadas-cortinas e claraboias por meio de aspersão balizada, que permite pulverizar água uniformemente sobre extensas regiões da obra para varrer todas as interfaces críticas de junção.

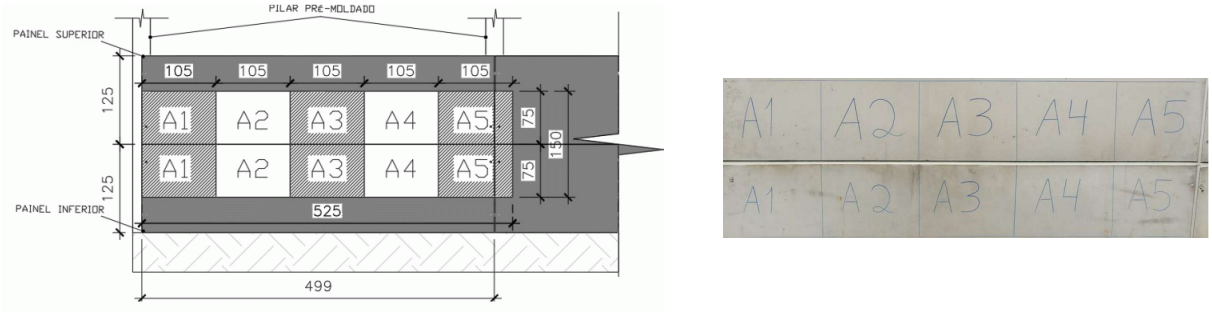
Outro fator que pode afetar negativamente a estanqueidade da vedação vertical é a existência de manifestações patológicas no concreto, como fissuras. Essas aberturas podem, além de afetar a estética do sistema construtivo, facilitaro acesso de umidade ao interior da edificação (Bolina; Tutikian; Helene, 2019; Sahade, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados painéis de parede de concreto pré-fabricado do tipo maciços, com destinação de uso classificada como industrial/arquitetônica (dispensando revestimentos posteriores) e isentos de função estrutural (apenas vedação), conforme normatiza a NBR 16475 (ABNT, 2017). A fixação dos elementos junto aos pilares, previamente montados, deu-se por meio de chumbadores mecânicos expansivos em aço zincado (tipo parabolt PBA 1/2”x7”). O selamento das juntas foi garantido pela aplicação manual de um elastômero tecnológico correspondente ao selante elástico híbrido MS (silano modificado) polímero, do tipo MS40, caracterizado por apresentar dureza entre 35 e 45 Shore A, resistência à tração de 1,2 N/mm², módulo de elasticidade superior a 0,5 MPa, densidade entre 1,51 e 1,59 g/cm³ e capacidade de deformação reversível de até 20%. Em um dos ensaios, utilizou-se concomitantemente uma fita de espuma adesiva com 6 mm de espessura e 12 mm de largura, baseada em borracha de etileno acetato de vinila (EVA) associada a adesivo acrílico em uma de suas faces. Para os procedimentos pontuais de reparo patológico do concreto, valeu-se de uma argamassa de reparo estrutural industrializada à base de cimento Portland e aditivos especiais, com densidade fresca de 1,9 g/cm³ e resistência mecânica à compressão de 34 MPa aos 28 dias, sucedida por uma argamassa de acabamento de traço volumétrico 1:1:3 (cimento CP IV-32, cal hidratada CH-III e agregado miúdo lavado).

Devido à ausência de procedimentos normativos simplificados para o teste prático in loco dessas vedações, o método de ensaio foi desenvolvido adaptando-se as orientações da NBR 10821-7 (ABNT, 2022), norma voltada especificamente para fachadas-cortina, e da métrica de área descrita no Anexo C da NBR 15575-4 (ABNT, 2021). A fachada montada como corpo de prova contava com dimensões totais na área de ensaio de 5,25 metros de comprimento horizontal por 1,50 metros de altura vertical, compreendendo uma superfície total ensaiada de 7,88 m². Essa matriz foi subdividida de modo organizado em cinco áreas operacionais menores, referenciadas como A1, A2, A3, A4 e A5.

Figura 1 – Segmentação das áreas analisadas no corpo de prova



(a) (b)

Fonte: Os autores.

Cada uma dessas subáreas apresentava a modulação geométrica de 1,05 metro de largura por 1,50 metro de altura, atendendo simultaneamente à exigência de área mínima e à restrição de lances de esguicho contínuos não superiores a 1,50 m, facilitando a retenção e o impacto da lâmina d'água gerada. Tais áreas englobavam de forma representativa cruzamentos críticos como as extensões contínuas das juntas verticais e horizontais tratadas, a própria face bruta de absorção dos painéis superior e inferior, e os pontos exatos de ancoragem com os chumbadores expansivos.

Para a indução hídrica sob pressão controlada, fabricou-se um equipamento de aspersão portátil, de concepção tubular reta, contendo um esguicho aspersor industrial regulável de alta pressão instalado na extremidade de aplicação, configurado para trabalhar com um ângulo restrito de pulverização de 90° e promover uma vazão d'água estabilizada em 20 L/min. Com o propósito de mitigar erros operacionais e oscilações do feixe hídrico resultantes do pulso do operador, acoplou-se paralelamente ao corpo do aspersor um gabarito físico distanciador confeccionado em fio de protensão de aço CP 175 RB E de 4 mm, mantendo o esguicho em uma distância perpendicular cravada em exatos 305 ± 25 mm da face externa do concreto, balizando a aspersão de forma idêntica e repetitiva àquela preconizada na NBR 10821-7 (ABNT, 2022). O arranjo tubular foi suprido de água através de uma mangueira flexível de alta resistência mecânica de 3/4" de diâmetro interno (resistente até 70 kgf/cm²). Entre a mangueira e o esguicho, alocaram-se uma válvula mecânica redutora de pressão em aço inoxidável e um manômetro analógico aferido de 1/4" com escala para até 10 kgf/cm². Esse sistema valvulado foi perfeitamente calibrado em laboratório de campo para suportar e trabalhar em um regime hidráulico estritamente estável situado entre 2,05 kgf/cm² e 2,40 kgf/cm², assegurando que os volumes e a energia cinética dos impactos atendessem rigorosamente aos critérios normativos e não introduzissem viés nas leituras das áreas adjacentes.

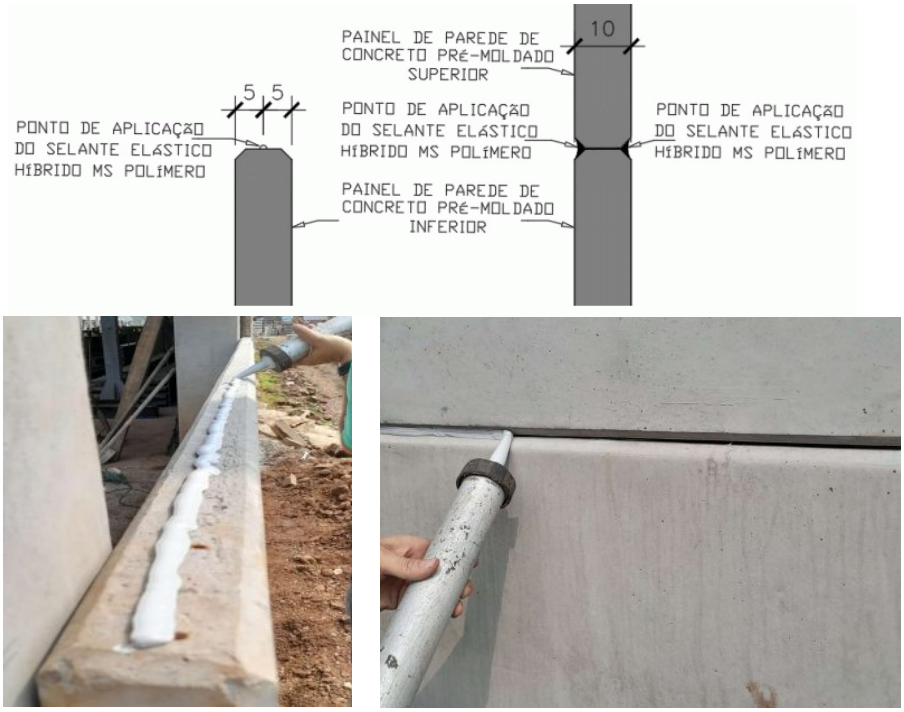
Tabela 1 – Descrição dos componentes do equipamento

Componente	Descrição
Esguicho regulável de alta pressão	Bico com ângulo de abertura de 90°, vazão ajustada para 20 L/min
Gabarito metálico de distanciamento	Fio de protensão CP 175 RB 4 mm, comprimento total de 305 mm a partir da extremidade do esguicho. Gabarito utilizado para padronizar a distância entre extremidade do esguicho e o corpo de prova ensaiado
Manômetro analógico	Vertical, rosca de 1/4", capacidade de até 10 kgf/cm². Foi calibrado em 2,40 kgf/cm²
Válvula redutora de pressão	Aço inoxidável, rosca 3/4", faixa de ajuste entre 1 a 10 kgf/cm²
Mangueira de alta pressão	Diâmetro interno de 3/4". Pressão limite de 70 kgf/cm²

Fonte: Elaborada pelos autores.

A etapa executiva dividiu-se em dois experimentos principais de estanqueidade. O primeiro ensaio englobou a montagem completa dos dois grandes painéis sobre suportes no solo, seguidos do tratamento das juntas horizontal e vertical exclusivamente através da injeção contínua do selante elástico MS40 polímero (Figura 2).

Figura 2 - Tratamento de juntas com selante elástico híbrido MS polímero

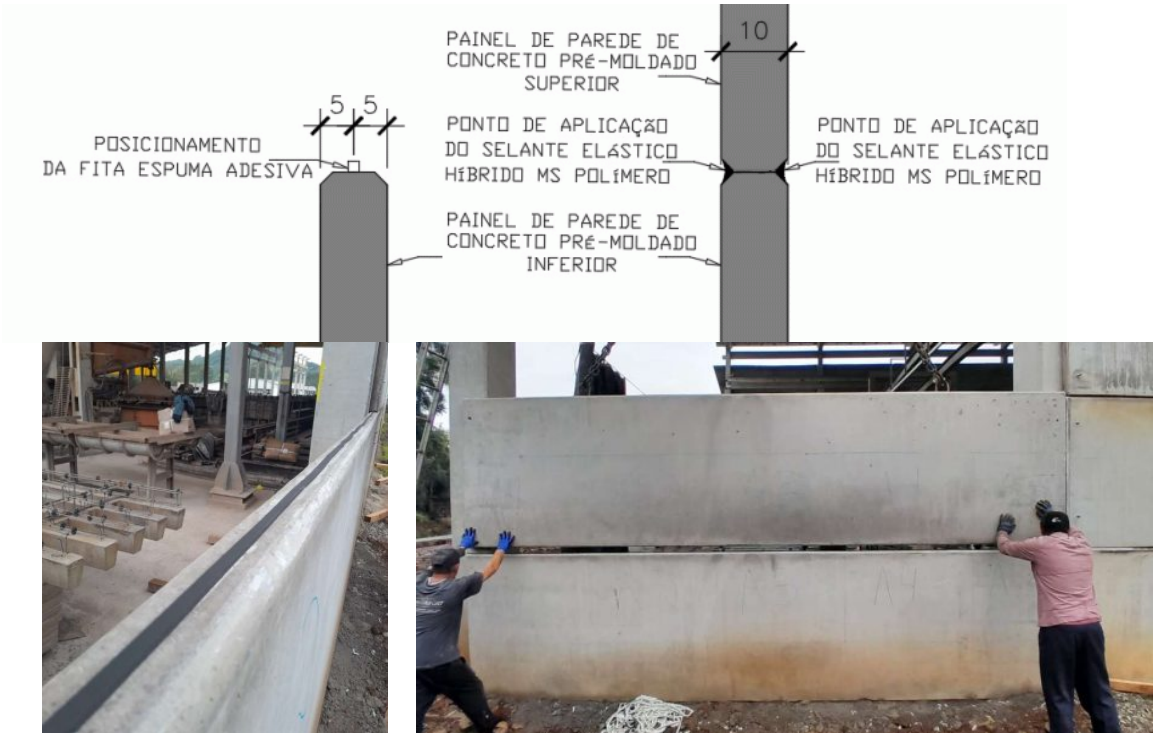


Fonte: Os autores.

Previamente à colagem, realizou-se a higienização física rigorosa do topo dos perfis com escovação seca e posterior remoção de pó. Observando o fator geométrico normativo para elastômeros, o polímero foi depositado ocupando um limite visual de 30 mm de largura por 15 mm de profundidade (fator de forma 2:1), espatulado à perfeição contra ambas as faces para extinguir bolsões de ar, seguido da fixação paramentada do bloco superior. O ensaio de aspersão ativada durou longos 5 minutos cravados em cada uma das fatias (A1 a A5), promovendo-se movimentos pendulares mecânicos e contínuos de varredura vertical e horizontal com o dispositivo. Concluído esse primeiro teste, identificou-se uma fissura passiva preexistente na área de concreto A3. A mesma foi tratada tecnicamente via escarificação (1,5 cm de profundidade por 5 cm de largura) e saturação aquosa, e preenchida com a argamassa de reparo estrutural em multicamadas, sendo exposta a novo ensaio pontual de estanqueidade.

O segundo ciclo metodológico consistiu na desmontagem total do painel superior, procedendo-se a raspagem das faces para a extração minuciosa dos vestígios da calafetação inicial. Uma vez limpas as frentes, instalou-se na linha média longitudinal dos 10 cm de espessura de topo do elemento basal uma fita de espuma adesiva conformadora em toda a sua extensão horizontal (5,25m) (Figura 3). Reposicionado e fixado o gigantesco painel de encabeçamento, reinjetou-se o selante MS40 contornando externamente as empenas da junta recém formatada, submetendo o conjunto integral (áreas A1 até A5) a uma nova e última rodada cronometrada de 5 minutos de estresse hídrico percussivo repetindo toda a sistemática anterior.

Figura 3 - Tratamento das juntas fita espuma adesiva e selante elástico híbrido MS polímero

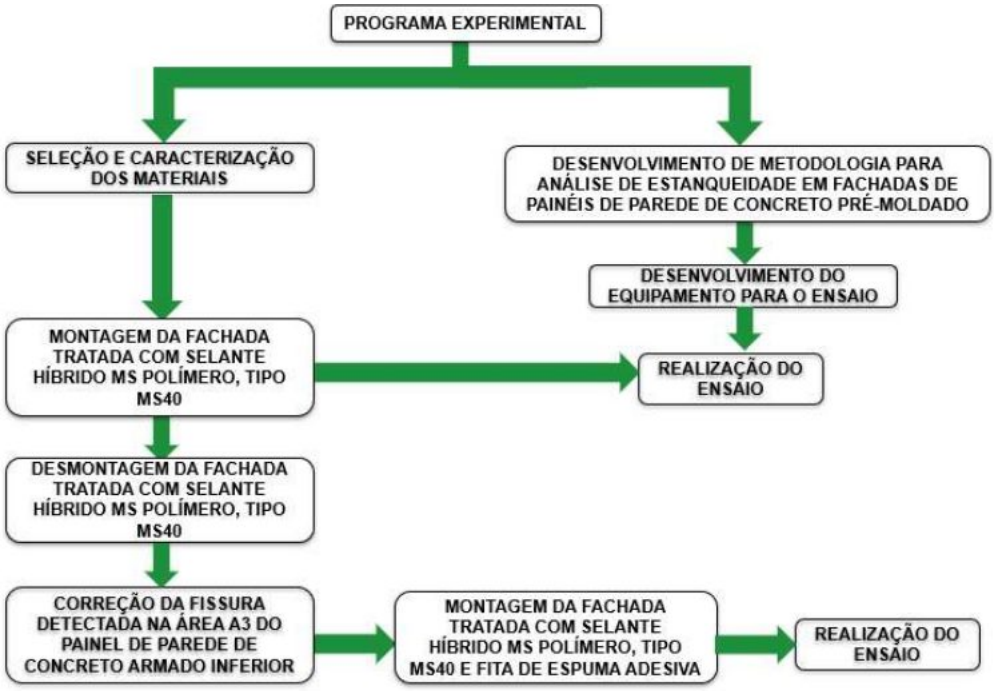


Fonte: Os autores.

O registro dos resultados ocorreu qualitativamente após os ensaios, visando catalogar qualquer formação de manchas umedecidas, trânsitos hídricos francos ou infiltração capilar generalizada nas faces internas.

A Figura 4 sintetiza as etapas do programa experimental proposto.

Figura 4 – Programa experimental



Fonte: Elaborada pelos autores.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No primeiro ensaio, submetendo a configuração de isolamento simples (compreendida apenas pela junção maciça com o selante elástico híbrido MS40 polímero no tardoz interno e externo de todas as juntas tratadas) os resultados observados validaram a eficácia do elastômero. Observou-se que as áreas ensaiadas A1, A2, A4 e A5 mantiveram-se estanques, sem apresentar qualquer indício de passagem de água, indicando que nessas regiões, o selante foi eficaz na vedação das juntas, assim como os orifícios das fixações com chumbadores PBA 1/2"x7" mostraram-se impermeáveis. Tais manifestações positivas vão ao encontro da fundamentação exposta por Bastos (2023) e Molinar (2021) e ratificam as propriedades teóricas de alta coesão e capacidade elástica duradoura do MS40, apontado por Beltrame e Loh (2009).

Em contrapartida, a área A3 apresentou falha na estanqueidade, com infiltração de água identificada na face interna do painel inferior, onde se observou uma mancha de umidade com formato vertical alongado (Figura 5).

Figura 5 – Painéis de vedação após a execução do primeiro ensaio



Fonte: Registrada pelos autores.

Após inspeção visual, verificou-se que a origem da infiltração estava relacionada a uma fissura vertical de 0,5 mm de abertura em ambas as faces do painel, que se estendia ao longo de toda altura painel. Essa fissura comprometeu a vedação da fachada, atuando como ponto de passagem para a água, evidenciando que a presença de fissuras impacta negativamente o desempenho de estanqueidade da fachada.

Após identificar a perda de estanqueidade através da fissura supracitada, procedeu-se à recuperação indicada por Helene e Pereira (2005). Executando o escareamento, lavagem e o adensamento manual com argamassa de reparo cimentícia especializada (34 MPa aos 28 dias), notou-se, em nova aspersão confinada e localizada diretamente sobre a região A3 corrigida, não houve mais infiltração através do SVVIE. Não surgiram novas manchas na zona onde a fissura foi corrigida.

Ao iniciar a segunda etapa experimental, observou-se que as seções espaciais compreendidas pelas áreas A1, A2, A4 e A5 repetiram o padrão de total impermeabilidade. Contraditoriamente, a área central A3 desta vez apresentou falha em sua estanqueidade, a despeito do prévio reparo bem-sucedido na placa adjacente. A análise pós-ensaio revelou que a falha teve origem em uma deficiência na vedação no selante elástico híbrido MS40 polímero, visível tanto na face externa quanto na interna do painel (Figura 6). Essa falha comprometeu a vedação, permitindo a passagem de água através da junta horizontal.

Figura 6 – Painéis de vedação após a execução do segundo ensaio



Fonte: Registrada pelos autores.

Constatou-se que a ruptura ocorreu devido ao processo de escarificação realizado anteriormente para reparo da fissura vertical existente nessa região, o que afetou a integridade do selante elástico híbrido MS polímero.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo propor um método experimental para ensaios de infiltração de água em fachadas, em campo, com painéis de parede de concreto pré-fabricado, com base na NBR 10821-7 (ABNT, 2022) e no Anexo C da NBR 15575-4 (ABNT, 2021), bem como avaliar sua eficácia através de uma aplicação em dois contextos de vedação entre painéis. Para isso, foi desenvolvido um equipamento específico, capaz de manter estabilidade nos parâmetros de ensaio, com pressão constante de 2,40 kgf/cm², vazão de 20 L/min e distância controlada, assegurando a confiabilidade dos resultados.

Os ensaios foram realizados em duas etapas e permitiram avaliar o desempenho de diferentes soluções de vedação nas juntas entre os painéis. Os resultados sugerem que o método proposto é tecnicamente viável, sensível à ocorrência de falhas e eficaz na detecção de infiltrações em condições reais de obra.

Os resultados confirmam a eficiência do selante elástico híbrido MS40 quando aplicado corretamente. Em contrapartida, a falha observada na área A3, no segundo ensaio, evidenciou a limitação da fita de espuma adesiva quando utilizada isoladamente, indicando que essa vedação pode não ser suficiente para garantir a estanqueidade da fachada. O reparo da fissura com argamassa de reparo estrutural foi validado no segundo ensaio, sem registro de infiltração na região tratada, o que demonstra a viabilidade dessa solução para correções localizadas em fachadas pré-fabricadas. Além disso, os pontos de fixação com chumbadores mecânicos expansivos nas áreas A1 e A5 não apresentaram falhas em nenhum dos ensaios, indicando que o sistema de ancoragem adotado é compatível com os requisitos de estanqueidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Manual da Construção Industrializada. Volume 1. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9062: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10821-7: **Esquadrias para edificações – Parte 7: Método de estanqueidade à água em esquadrias externas instaladas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13755: **Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante — Projeto, execução, inspeção e aceitação — Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-1: **Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-4: **Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE**. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16475: **Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM C792: **Standard Test Method for Effects of Heat Aging on Weight Loss, Cracking, and Chalking of Elastomeric Sealants**. West Conshohocken: ASTM International, 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM C793: **Standard Test Method for Effects of Laboratory Accelerated Weathering on Elastomeric Joint Sealants**. West Conshohocken: ASTM International, 2005.

BASTOS, J. M. A. P. S. **Análise da Viabilidade do emprego de fachadas pré-fabricadas em edifícios em Portugal**. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, Porto, 2023.

BELTRAME, F. R.; LOH, K. **Aplicação de selantes juntas de movimentação de fachadas – Boas práticas**. In: Habitare. Porto Alegre, 2009.

BINKOWSKI, I. S. **Estudo de caso: Execução de sistema de fechamento vertical com placas de concreto pré-fabricadas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

FERME, L. F. G.; OLIVEIRA, P. S. F. **Selantes – a escolha correta garante durabilidade**. In: XII Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. São Paulo, 2003.

FERNANDES, L. H. A. **Fissuras, trincas e rachaduras em prédios da UFERSA Campus Angicos – Estudo de Caso**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2022.

FREITAS, H. S. **Análise numérica de painéis pré-moldados de fechamento em edificações de pequena altura**. 2012. Dissertação. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

HELENE, P. R. L.; PEREIRA, F. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 11600: **Construção civil — Selantes — Classificação e requisitos para selantes**. Genebra: ISO, 2002.

KOGA, D. S.; SANTOS, L. M.; NUNES, W. C. **Bioconcreto – Autocicatrização do concreto pelo processo de biomineralização realizado por bactérias**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

KRUGER, P. V. **Análise de Painéis de Vedação nas edificações em estrutura metálica**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.

LOURENSINI, L. **Desenvolvimento de painel pré-fabricado em concreto armado para vedação, com núcleo composto por material para isolamento térmico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017.

MEDEIROS, W.; HELENE, P. R. L. **Patologia em fachadas de edifícios. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**. Belo Horizonte, 2009.

MEDEIROS, W. **Painel de parede dupla pré-moldado: Análise crítica das indicações na NBR 16475-2017**. In: 1° Workshop de tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos, 2017.

MOLINAR, P. **Estudo de selantes das juntas de movimentação de fachadas com revestimentos cerâmicos**. 2018. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

OLIVEIRA, L. A. **Tecnologia de Painéis Pré-Fabricados Arquitetônicos de Concreto para Emprego em Fachadas de Edifícios**. 2002. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. **Guia técnico de concreto pré-moldado arquitetônico: detalhes e especificações guia**. 3. ed. Chicago: PCI, 2004.

PFEIL, W. **Concreto Protendido – Processos Construtivos, Perdas de Protensão, Sistemas Estruturais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2009.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do estado da arte**. 2006. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2010.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. 2005. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SAKAI, R. A. **Patologias em alvenarias de vedação: Estudo de caso em uma residência na cidade de Curitiba**. 2017. Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SATHLER, L. M. **Avaliação do desempenho quanto à estanqueidade à água de sistemas verticais de vedação externa (SVV2) de paredes de blocos cerâmicos**. 2018. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

SENA, G. O.; NASCIMENTO, M. L. M.; NETO, A. C. N. **Patologia das construções**. Salvador: Editora 2B, 2020.

SILVA, J. **Versáteis, painéis conquistam mercado**. Revista Finestra, São Paulo, 2009.

SIQUEIRA, P. H. P. **Execução de fachada em cerâmica: estudo de caso**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F.; TOMAZETTI, R. R.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Painéis pré-fabricados de concreto em fachadas de edifícios: inovação tecnológica consolidada?** In: I Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis, 2006.

VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Bagneux: Fédération Internationale du Béton, 2002.