

ANÁLISE DE PERMEABILIDADE EM PAINÉIS DE VEDAÇÃO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL LEVE

LUCAS OLIVEIRA CORREIA SILVA^{1*}; MATEUS DA SILVA SANTOS²; ALYSSON DE LIMA LESSA³; PAULO CÉSAR CORREIA GOMES⁴;

¹Graduando em Engenharia Civil, UFAL, Maceió-AL, lucas.oliveira@uconn.edu;

²Graduando em Engenharia Civil, UFAL, Maceió-AL, mateussilvasantos@outlook.com;

³Graduando em Engenharia Civil, UFAL, Maceió-AL, alyssonlessa1@gmail.com;

⁴Dr. em Engenharia Civil, Prof. Assc. CTEC, UFAL, Maceió-AL, pgomes@ctec.ufal.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O artigo analisa o desempenho de painéis de vedação confeccionados em concreto autoadensável leve frente a penetração e absorção de água; assim como verifica a influência da orientação da moldagem nas propriedades de permeabilidade dos painéis. Para isso, produziu-se painéis na vertical e horizontal e realizou-se os ensaios de verificação da estanqueidade e da permeabilidade de sistemas de vedação interna e externa, preconizados pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013), e o ensaio do cachimbo, prescrito pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). Os painéis apresentaram ótimo desempenho quanto ao ensaio de estanqueidade. Embora tenham absorvido quantidade de água superior ao limite indicado para o ensaio de permeabilidade, este limite é questionado. O resultado do ensaio do cachimbo indicou que as propriedades de permeabilidade são influenciadas pela orientação a qual o painel foi moldado.

PALAVRAS-CHAVE: Permeabilidade, Estanqueidade, Absorção de Água, Painéis de Vedação Vertical, Concreto Autoadensável Leve

PERMEABILITY ANALYSIS OF SELF-COMPACTING LIGHTWEIGHT CONCRETE PANELS

ABSTRACT: This paper analyzes the performance of self-consolidating lightweight precast concrete panels against water absorption and penetration; as well as verifies the casting orientation influence on the permeability properties of the panels. For this reason, vertical and horizontal panels were produced. The watertightness test and permeability test were carried out, by recommendation of NBR 15575-4 (ABNT, 2013); besides the pipe test, prescribed by the Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). The panels performed greatly in the watertightness test. Although they absorbed a high quantity of water, greater than the limit determined by the permeability test, this limit is questionable. The pipe test results indicated that the permeability properties are influenced by the orientation to which the panel was molded.

KEYWORDS: Permeability, Watertightness, Water Absorption, Precast Concrete Panels, Self-Compacting Lightweight Concrete

INTRODUÇÃO

O sistema construtivo de elementos pré-moldados constitui uma alternativa para a necessidade de racionalização de processos e de maior produtividade no setor da construção civil. O emprego de painéis de vedação permite atender a demanda habitacional brasileira, visto que promove a execução de obras de modo mais ágil, econômico e sustentável. A aplicação de concreto autoadensável leve (CAAL) em elementos pré-moldados pode contribuir ainda para a redução do peso próprio da estrutura, para melhorias do isolamento térmico, acústico e do acabamento superficial.

Atrelado à agilidade, um sistema construtivo eficiente deve propiciar edificações de qualidade, que apresentem condições adequadas de segurança estrutural, salubridade, capacidade funcional, conforto e confiabilidade das instalações (Jantsch, 2015); de modo que o não atendimento aos requisitos mínimos de desempenho pode afetar diretamente a durabilidade e a vida útil das construções.

Segundo o CSTC NIT 210 apud Oliveira (2013), cerca de 50% das patologias verificadas em edifícios na Bélgica estão relacionadas à umidade e a reduzida capacidade de impermeabilização dos elementos de vedação. Assim, a fim de restringir tais problemas, as vedações devem constituir barreiras estanques à água. No Brasil, a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) é responsável pelo estabelecimento de critérios de avaliação e análise do desempenho dos sistemas de vedações internas e externas quanto a ação de água.

Nesse âmbito, este trabalho analisa o desempenho de permeabilidade de painéis de vedação de concreto autoadensável leve, de acordo com os ensaios de penetração de água indicados pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013) e pelo método do cachimbo (CSTC, 1998). Além disso, verifica-se a influência da orientação da moldagem nas propriedades de permeabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

FORMAS E PAINÉIS

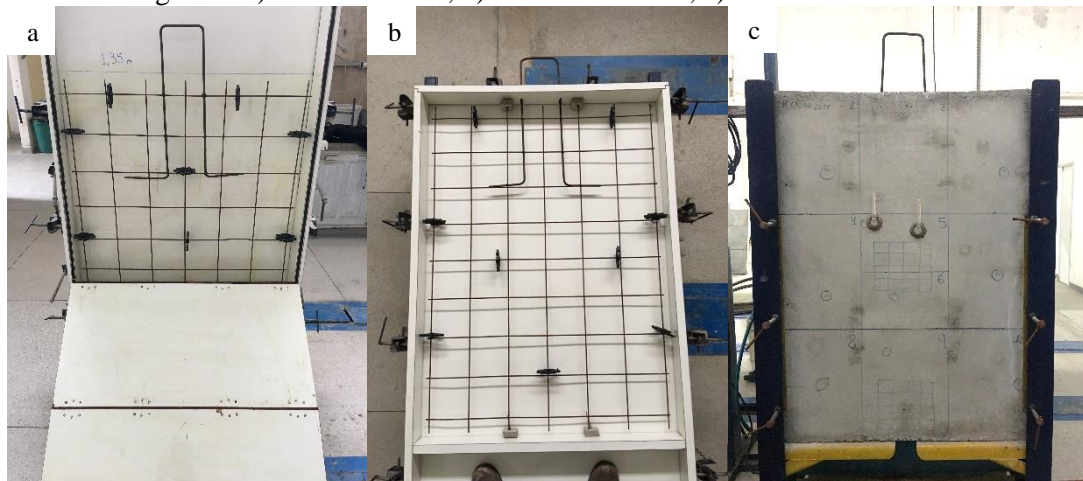
As formas, vertical e horizontal (Figura 1.a e 1.b), empregadas para a produção dos painéis foram confeccionadas em compensado naval plastificado, de modo a restringir a absorção de água por capilaridade. Esses moldes possuíam dimensões de 2,00 m x 1,05 m x 0,10 m, enquanto os painéis foram produzidos nas dimensões prescritas na NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Visando reduzir a altura de queda do concreto, limitada à 0,5 m, e assim manter a homogeneidade da mistura, dividiu-se a região frontal da forma vertical em 3 sessões, realizando seu preenchimento de forma independente. De modo complementar, utilizou-se uma malha de aço de 4 mm de diâmetro como armação dos painéis, a fim de fornecer maior resistência aos esforços devido ao peso do concreto e movimentação dos painéis durante e após a etapa de concretagem (Figura 1.c). Assim, confeccionou-se painéis utilizando as formas vertical e horizontal, sendo denominados respectivamente de CAAL-V e CAAL-H.

CONCRETO

Empregou-se o CAAL devido a facilidade de preenchimento das formas, em razão da dispensa de vibração mecânica. O traço do concreto baseou-se em métodos de dosagem e ensaios para concreto autoadensável e leve, realizados em trabalhos anteriores (Amorim, 2016). Para sua produção, foram empregados cimento CP II-Z 32; agregados graúdo e miúdo de origem granítica; e aditivos superplastificante de terceira geração (SP), incorporador de ar (IA) e modificador de viscosidade (MV).

Conforme os ensaios prescritos na NBR 9778 (ABNT, 2009), realizados em corpos de prova cilíndricos, o CAAL apresentou absorção de água de 8,08%, índice de vazios de 13,21% e massa específica no estado endurecido de 1968,76 kg/m³.

Figura 1. a) Forma vertical; b) Forma horizontal; c) Painel moldado



ENSAIOS DE PENETRAÇÃO DE ÁGUA

ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

O ensaio prescrito pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013): verificação, em laboratório, da estanqueidade à água de Sistema de Vedação Interna e Externa (SVVIE), propõe a análise de desempenho de elementos de vedação quanto a penetração de água, por meio da simulação da incidência de chuvas. O método consiste no acoplamento do painel à uma câmara em formato prismático (Figura 2.a), desenvolvida em trabalhos anteriores e que possibilitou o depósito de uma patente; e aplicação de pressão pneumática em conjunto com aspersão de água ($3,0 \pm 0,3 \text{ dm}^3/\text{min}$), de forma a criar uma película homogênea e contínua em uma das faces do elemento por 7 horas. A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) delimita regiões no território brasileiro quanto as condições de exposição ao vento, utilizadas na determinação da pressão aplicada. Empregou-se pressão estática de 10 Pa, correspondente ao uso dos painéis no estado de Alagoas (Região I). Assim, deve-se determinar o nível de desempenho dos elementos por meio da comparação da área das manchas de umidade que por ventura venham a aparecer na face oposta à incidência de água, com os percentuais máximos descritos na norma.

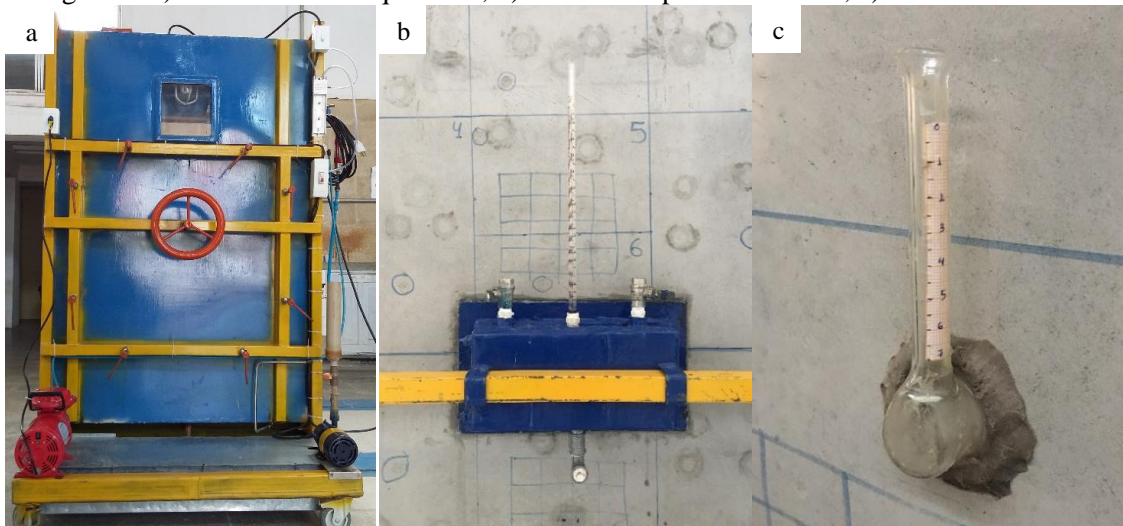
ENSAIO DE PERMEABILIDADE

O ensaio de verificação da permeabilidade à água de SVVIE (NBR 15575-4 (ABNT, 2013)) visa analisar o comportamento de elementos de vedação quanto a penetração de água, reproduzindo as condições de utilização em áreas molhadas. O procedimento consiste em submeter uma sessão do painel a presença de água, com pressão constante, por meio da fixação de uma câmara (Figura 2.b), registrando o nível da bureta e repondo o volume de água infiltrada após: 1 h, 2 h, 4 h, 6 h e 24 h do início do ensaio. O limite de absorção de água em 24 horas, para uma área exposta de 34 cm x 16 cm (área da câmara), é de 3 cm³. Realizou-se o ensaio nas regiões superior e inferior (definida pela presença do gancho para movimentação) dos painéis, a fim de avaliar a penetração de água em locais distintos.

ENSAIO DE CACHIMBO

Prescrito pelo *test method* n° II.4 da RILEM (The International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures) e pelo NIT n.140 do CSTC (1998), este ensaio caracteriza-se por ser um método de maior facilidade de execução, complementar aos ensaios de capilaridade, permitindo a avaliação em laboratório ou “in loco” da quantidade de água que penetra no material. O procedimento consiste na fixação de tubos de vidro em forma de L nos painéis (Figura 2.c), por meio da aplicação de silicone e massa de calafetar; e na verificação do volume de água que percola nos corpos de prova, nos intervalos de 5, 10 e 15 minutos; repondo-se a água a cada verificação. Segundo o CSTC a pressão exercida sobre a superfície é equivalente à 98 mm de água, ou à uma pressão dinâmica de vento de aproximadamente 150 km/h. Os painéis foram divididos em três regiões, superior, central e inferior, onde aplicou-se seis cachimbos por região, a fim de se verificar a homogeneidade na distribuição dos poros dos painéis e a influência da orientação das formas nas propriedades analisadas.

Figura 2. a) Câmara de estanqueidade; b) Câmara de permeabilidade; c) Tubo Karsten



RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

Durante a realização do ensaio não foram observadas manchas de umidade na face oposta à de incidência de água em ambos os painéis. Assim, segundo a NBR 15575-4 (ABNT, 2013), tais peças alcançaram o nível S/I (Superior/Intermediário) de estanqueidade, apresentando ótimo desempenho frente à ação de chuvas.

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Os resultados dos ensaios de permeabilidade encontram-se na Tabela 1. Com relação ao limite de absorção imposto pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013), ambos os painéis absorveram quantidade de água superior ao determinado. Apesar da ausência de revestimento e dos elevados índice de vazios e absorção de água do concreto empregado, em razão da utilização de aditivo incorporador de ar, com o objetivo de propiciar a característica de leveza à mistura; os valores observados neste estudo e na literatura divergem consideravelmente do imposto pela norma. Dessa forma, assim como nos estudos de Hattge (2004), Rodrigues (2010) e Giorgi (2016), que realizaram ensaios em alvenaria de blocos cerâmicos, de concreto e de solo-cimento, com e sem revestimento, observou-se a inviabilidade do cumprimento do limite estabelecido pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013), considerando a possibilidade de um equívoco na especificação da norma.

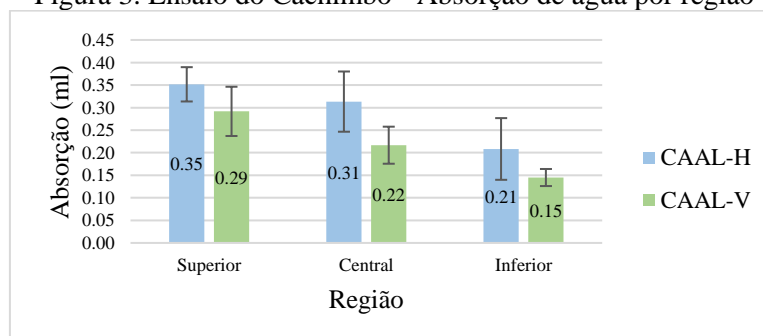
Tabela 1. Absorção de água do ensaio de permeabilidade

Tempo (hr)	Absorção (ml)			
	CAAL-H		CAAL-V	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
1	69.7	48.6	63.6	20.3
2	85.4	64.7	85.7	36.3
4	106.0	82.4	110.7	53.8
6	123.0	97.8	131.7	76.0
24	148.0	122.8	156.7	101.0

ENSAIO DE CACHIMBO

Os valores médios de absorção de água são apresentados na Figura 3. De modo geral, o painel CAAL-V absorveu menor quantidade de água; no entanto, considerando a variação de absorção conforme o local selecionado para aplicação do cachimbo, e que o método empregado depende da capacidade de leitura do avaliador (Jantsch, 2015), este painel apresentou maior diferença de absorção entre as regiões estudadas. A menor homogeneidade quanto a penetração de água e distribuição dos poros do CAAL-V pode estar relacionada com o adensamento devido ao peso das camadas sobrepostas de concreto, de modo que a camada inferior tende a tornar-se mais compacta; assim como o processo mais longo de moldagem provoca perda de fluidez da mistura, propiciando maior ocorrência de poros na região superior do painel. De modo inverso, a pequena espessura do CAAL-H e a maior agilidade de preenchimento da forma horizontal, proporcionam melhor distribuição do concreto e consequentemente dos poros deste elemento.

Figura 3. Ensaio do Cachimbo - Absorção de água por região



CONCLUSÃO

A análise de desempenho dos sistemas construtivos frente à ação da água é fundamental para a verificação das condições funcionais das peças. Os sistemas de vedação devem ser estanques à água a fim de restringir a ocorrência de patologias e de estender a vida útil das edificações.

Por meio dos resultados dos ensaios, constatou-se que os painéis, vertical e horizontal, apresentaram ótimo desempenho quanto a simulação da ocorrência de chuvas, obtendo nível de desempenho superior/intermediário no ensaio de estanqueidade. Com relação ao ensaio de permeabilidade, assim como afirmaram outros autores, considerou-se a possibilidade de haver incoerência no limite de absorção definido, visto que os resultados encontrados neste trabalho e na literatura divergem de forma significativa do prescrito pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

O resultado do ensaio do cachimbo indicou maior diferença de absorção entre as camadas do CAAL-V, tendo em vista a distribuição menos regular dos poros do painel, sugerindo que a orientação da moldagem influencia nas propriedades de permeabilidade. Dessa forma, com excessão do ensaio de verificação da permeabilidade, julgou-se satisfatórios os resultados dos ensaios, de modo a considerar plausível a aplicação dos painéis como elementos de vedação, tendo em vista as propriedades apresentadas, bem como a gama de benefícios atrelados ao emprego desse sistema construtivo em conjunto com as tecnologias de autoadensibilidade e leveza do concreto utilizado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES, FAPEAL, UFAL, LEMA, Grupo de Pesquisa MECOEFICON e aos PROJETOS: Casadinho/PROCAD 2011 e Universal 2012, pelo apoio ao desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS

- Amorim, T. F. de. Propriedades de durabilidade de concreto autoadensável leve com agregado reciclado. Maceió: UFAL, 2016. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. ABNT NBR 15575-4: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2013.
- CSTC, Centre Scientifique et Technique de la Construction. Efficacite et durabilite des hydrofuges de surface. Rapport de fin de biennale. Bruxelas, 1998.
- Giorgi, P. Avaliação de desempenho de sistema de vedação vertical de bloco de solo-cimento conforme NBR 15575 referente à habitabilidade e sustentabilidade. Santa Maria: UFSM, 2016. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- Hattge, A. F. Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em blocos cerâmicos e alvenarias em blocos de concreto. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- Jantsch, A. C. A. Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes. Santa Maria: UFSM, 2015. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- Oliveira, J. M. P. Estudo da durabilidade e eficácia da ação de repelentes de água em fachadas de edifícios recentes. Porto: U.PORTO, 2013. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- RILEM TC 25-PEM. Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods. Materials and Structures, v. 13, n. 75, p. 175 – 253, 1980.
- Rodrigues, A. H. Estanqueidade de alvenaria revestida com diferentes argamassas e acabamentos: Aplicação da NBR 15575-4/2008. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil).