De 24/06/2026 a 27/06/2026
São Paulo
https://doi.org/10.67775/j9fbc733

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES IMPERMEABILIZANTES APLICADOS EM ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Milene Morschel[1]*, Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski[2]; Felipe Schneider[3]; Bernardo Tutikian[4]

*Autor de contato: milenemorschel1993@gmail.com

[1] Feevale, Novo Hamburgo/RS, Brasil
[2] Feevale, Novo Hamburgo/RS, Brasil
[3] Unisinos, São Leopoldo/RS, Brasil
[4] Unisinos, São Leopoldo/RS, Brasil

RESUMO

Muros de arrimo são estruturas inerentemente expostas à umidade do solo, o que as torna suscetíveis a danos estruturais e manifestações patológicas como fissuras, eflorescências e manchamentos. A escolha do sistema de impermeabilização adequado é crucial para a durabilidade dessas edificações. Este artigo avalia comparativamente a eficácia técnica de impermeabilizantes cimentícios monocomponente e bicomponente aplicados em dois substratos distintos: pedra grês e bloco cerâmico estrutural. A metodologia adotada foi experimental e exploratória, envolvendo a confecção de protótipos de muros e corpos de prova. Foram realizados ensaios de absorção de água por imersão (adaptados das normas ASTM C97/C97M e NBR 15270), absorção por capilaridade (NBR 15270 e ISO 15148) e monitoramento da umidade superficial em protótipos preenchidos com solo saturado, utilizando termografia infravermelha e higrômetro. Os resultados laboratoriais indicaram que o impermeabilizante bicomponente obteve desempenho superior nos testes de absorção por capilaridade, apresentando coeficientes médios significativamente menores (0,02 kg/m².s^0,5) em ambos os substratos. Entretanto, na avaliação dos protótipos sob condições de umidade ascensional constante e sem drenagem, ambos os sistemas apresentaram eficácia limitada, perdendo a capacidade de estanqueidade a partir do quarto dia. Observou-se que o desempenho depende das características porosas do substrato: o bicomponente foi mais eficaz no bloco cerâmico, enquanto o monocomponente demonstrou melhor adaptação à pedra grês. Conclui-se que, embora mitiguem a propagação da umidade, tais sistemas não garantem estanqueidade total isoladamente em condições de saturação contínua.
Palavras-chave: Muros de arrimo. Impermeabilizantes cimentícios. Absorção de água. Pedra grês. Bloco cerâmico.

ABSTRACT

Retaining walls are structures continuously exposed to soil moisture, making them susceptible to pathological manifestations such as cracking and efflorescence. This paper comparatively evaluates the technical effectiveness of single-component and two-component cementitious waterproofing systems applied to two distinct substrates: sandstone and structural ceramic block masonry. The methodology was experimental and exploratory, involving the fabrication of prototypes and the performance of water absorption tests by immersion, capillary water absorption tests, and surface moisture monitoring using infrared thermography and a hygrometer. Laboratory results indicated that the two-component waterproofing system achieved superior performance in capillary absorption tests on both substrates. However, in prototype assessments simulating real conditions of saturated soil, both systems showed limited effectiveness, losing watertightness from the fourth day of exposure onward. Performance was observed to depend on

the substrate's pore structure, with the two-component system being more effective on ceramic block masonry and the single-component system showing better adaptation to sandstone. It is concluded that, although they do not ensure full watertightness under constant saturation without drainage, these systems mitigate moisture propagation.
Keywords: Retaining walls. Cementitious waterproofing systems. Water absorption. Sandstone. Load-bearing clay hollow brick.

1. INTRODUÇÃO

Os muros de arrimo, também designados como muros de contenção, constituem estruturas verticais importantes na construção civil, projetadas especificamente para conter o empuxo do solo e assegurar a estabilidade de taludes e desníveis em terrenos variados. A Norma Brasileira NBR 11682 (ABNT, 2009) adota o termo muro de contenção para definir os critérios de projeto em diferentes contextos, embora a literatura técnica e o uso corrente no Brasil frequentemente empreguem o termo muro de arrimo como sinônimo funcional, sobretudo em obras de menor porte (Marchetti, 2008; Gerscovich, 2010). A estabilidade dessas estruturas é garantida, geralmente, pelo peso próprio do conjunto ou por elementos que resistem à flexão (Saramago, 2019; Marques, 2023). A estrutura capilar dos materiais que compõem esses elementos construtivos desempenha um papel importante na absorção e na movimentação da água em seu interior, influenciando diretamente a durabilidade dos materiais quando expostos a ambientes úmidos.

Devido à exposição constante à umidade proveniente do solo, os muros de arrimo são particularmente suscetíveis ao surgimento de manifestações patológicas. Entre as anomalias mais frequentes, destacam-se fissuras, eflorescências, bolhas, destacamentos, manchas decorrentes da ação de agentes biológicos, além da deterioração generalizada dos materiais e corrosão de armaduras (Mendonça et al., 2012; Bauer, 2019). Tais problemas estão frequentemente associados a falhas nos sistemas de impermeabilização empregados, o que compromete a segurança, a durabilidade e a estética das edificações.

Nesse contexto, a adequada aderência dos impermeabilizantes aos substratos de aplicação é crucial para o desempenho esperado do sistema de proteção contra infiltrações (IBI, 2018). No mercado da construção civil, observa-se uma variedade de impermeabilizantes cimentícios, tanto monocomponentes (diluídos em água) quanto bicomponentes (que utilizam resina para diluição). Diante desse cenário, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar comparativamente a eficácia de diferentes tipos de impermeabilizantes (cimentício monocomponente e bicomponente) aplicados em protótipos de muros de arrimo construídos com dois substratos distintos: bloco cerâmico estrutural e pedra grês. O estudo busca identificar qual sistema apresenta maior eficácia técnica, considerando a absorção por imersão, a absorção por capilaridade e a evolução da umidade superficial, fornecendo subsídios para decisões na fase de projeto e assim contribuindo para o adequado desempenho e vida útil desses sistemas construtivos.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Estruturas de contenção e substratos

As estruturas de contenção agrupam-se em diferentes categorias com base no mecanismo estrutural predominante que atua para resistir aos esforços exercidos pelo solo. Segundo Marques (2023), os muros de gravidade opõem-se ao empuxo principalmente por meio de seu peso próprio, englobando soluções como alvenaria de pedras, concreto ciclópico, gabiões, sacos de solo-cimento e muros de pneus. Em contraste, os muros de flexão, tipicamente construídos em concreto armado, resistem às cargas horizontais por meio da flexão estrutural, sendo soluções mais esbeltas e adequadas para áreas urbanas com restrição de espaço. Existem ainda os muros de solo reforçado com

geossintéticos e blocos segmentais (Rodrigues; Santos, 2019), bem como as estruturas em cortina atirantada, paredes diafragma e estacas justapostas (Gerscovich; Danziger; Saramago, 2019; Faria; Oliveira, 2021; Almeida; Silva, 2020)

No tocante aos substratos, a escolha do material baliza o comportamento da estrutura frente à água. A alvenaria de pedras, como a pedra grês, caracteriza-se pela elevada durabilidade e resistência mecânica. A pedra grês é uma rocha sedimentar arenítica cuja porosidade e capacidade de absorção estão intrinsicamente ligadas ao seu estado de fissuração e rede de capilares (Bauer, 2019; Winkler, 1997). Em rochas sedimentares, a porosidade é entendida como a razão entre o volume de vazios e o volume total, influenciando a movimentação de água no interior do material (ASTM C97/C97M, 2002).

Por outro lado, os blocos cerâmicos estruturais, produzidos a partir de argilas compostas por sílica, silicato de alumínio e óxidos ferrosos, dependem de variáveis como a temperatura de queima e a umidade de moldagem para a definição de sua porosidade total (Isaia, 2017). A avaliação da absorção inicial de água desses blocos, normatizada pela NBR 15270 (ABNT, 2023), é fundamental para garantir a aderência adequada com as argamassas e demais revestimentos.

2.2 A Dinâmica da umidade e porosidade

A interação entre a umidade e esses substratos porosos desencadeia os já citados processos patológicos. A movimentação da água nos materiais ocorre predominantemente pelos fenômenos de adsorção física e condensação capilar (Herrmann; Mohamad; Lima, 2019). Em pedras naturais sedimentares, os poros classificam-se em macroporos, mesoporos e microporos intergranulares, o que torna o processo de absorção e saturação capilar mais lento em comparação aos blocos cerâmicos, cujas redes capilares são altamente interconectadas (Rößler et al., 2002; Grinzato; Cadelano; Bison, 2010; Lourenço; Rocha; Ramos, 2007).

A umidade em elementos construtivos, em especial nos muros de arrimo, manifesta-se de diversas formas. A umidade acidental resulta de falhas esporádicas em instalações hidráulicas (Righi, 2009; IOM, 2004; Son; Yuen, 1993; CDT/UnB, 2012). A umidade ascensional, foco de grande preocupação em estruturas enterradas e fundações, consiste na ascensão da água do solo através da capilaridade dos materiais, sendo um fenômeno que depende diretamente da porosidade e do diâmetro dos poros hidrófilos (Verçoza, 1991; Brito, 2003; Souza, 2008; ABNT, 2010; Polisseni, 1986; Kubal, 2008; Bauer, 2019). Há também a umidade originária do processo de construção, gerada pela água incorporada aos próprios materiais durante a fase executiva (Henriques, 1994; Rodrigues; Sobrinho Júnior; Lima, 2016; OMS, 2009), e a umidade de precipitação, decorrente da água da chuva combinada com a ação dos ventos (Figueiredo; Varum; Costa, 2012; Kharseh; Kalantari; Sala, 2017; Lstiburek; Carmody, 1991).

2.3 Sistemas de impermeabilização cimentícios

Para conter tais manifestações, empregam-se os sistemas de impermeabilização. Conforme Morgado (2020), as contenções podem ser impermeabilizadas sob pressão positiva, na face externa em contato direto com o solo, ou sob pressão negativa, na face interna da estrutura. A NBR 9575 (ABNT, 2010) classifica os impermeabilizantes em asfálticos, poliméricos e cimentícios, além de dividi-los entre sistemas rígidos e flexíveis. Os sistemas cimentícios, balizados também pela NBR 11905 (ABNT, 2015), compreendem argamassas poliméricas que oferecem estanqueidade, preservando a difusão de vapor, sendo indicadas para locais sem movimentação térmica expressiva (Scheidegger, 2019). Estudos anteriores corroboram a eficácia desses materiais. Sabino e Pereira (2019) observaram que impermeabilizantes cimentícios bicomponentes e cristalizantes reduziram significativamente a taxa de absorção em estruturas de concreto. Similarmente, Kwiatkowski e

Seidler (2014) demonstraram que sistemas cimentícios aplicados em fundações apresentaram absorção inferior a 0,20%, superando o desempenho de emulsões asfálticas em condições de imersão parcial. No entanto, pesquisas como a de Araújo et al. (2020), utilizando termografia, alertam que falhas de execução e empoçamento na base podem comprometer o desempenho, e que argamassas poliméricas podem apresentar resultados inferiores a membranas acrílicas ou cimentos cristalizantes em determinadas condições de chuva dirigida.

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

O programa experimental foi conduzido em laboratório, utilizando dois substratos principais:

a) Bloco cerâmico estrutural: dimensões de 11,5 x 19 x 44 cm, classe EST 40, segundo classificação da NBR 15270 (ABNT, 2023), resistência característica à compressão (fbk) de 4,0 MPa e absorção de água de referência de 18%.
b) Pedra grês serrada: rochas sedimentares do tipo arenito, com dimensões de 11-14 cm de espessura, 21 cm de largura e 42 cm de comprimento.

Foram avaliados dois sistemas de impermeabilização cimentícia disponíveis no mercado:

a) Impermeabilizante 1 (monocomponente): cristalizante cimentício rígido, composto por cimento Portland, cargas minerais e aditivos especiais. Preparo: 5 kg de pó para 2 litros de água.
b) Impermeabilizante 2 (bicomponente): argamassa polimérica composta por Cimento Portland, areia quartzosa e aditivos (Componente A - Pó) e resina (Componente B - Líquido). Preparo por mistura mecânica dos dois componentes.

3.2 Confecção dos protótipos

Foram construídos seis protótipos de muros de arrimo em formato de caixas retangulares (quatro faces laterais e preenchimento interno de solo), assentados sobre lona plástica para isolar eventual umidade proveniente do piso. A distribuição dos protótipos foi organizada a partir de um protótipo de referência (sem impermeabilizante) e dois com impermeabilizantes (mono e bicomponente) para cada tipo de substrato (cerâmica e pedra grês). As alvenarias foram assentadas com argamassa cimentícia industrializada e, após cura de 7 dias, receberam uma camada de regularização. A aplicação dos impermeabilizantes seguiu as recomendações dos fabricantes: três demãos cruzadas, com intervalo de cura de 24 horas entre demãos e cura total de 28 dias.

Figura 1 - Construção dos protótipos: assentamento dos blocos: (a) pedra grês (b) bloco cerâmico



(a) (b)

Fonte: Registrada pelos autores.

3.3 Ensaios

Os procedimentos metodológicos dividiram-se em quatro ensaios, conforme descrito a seguir.

3.3.1 Absorção de água por imersão (corpos de prova):

Adaptado das normas ASTM C97/C97M (ASTM, 2002) para a pedra e NBR 15270 (ABNT, 2023) para a cerâmica. Utilizaram-se 9 amostras de cada substrato (3 para cada condição: referência, mono e bicomponente). As amostras de referência foram secas em estufa (105°C para cerâmica, 60°C para pedra) até massa constante (ms). Após imersão em água por 24h e 48h, registrou-se a massa úmida (mu), para posterior cálculo da absorção de água.

3.3.2 Absorção de água por capilaridade (corpos de prova):

O segundo ensaio avaliou a absorção de água por capilaridade, fundamentado em adaptações das normas NBR 15270 (ABNT, 2023) e ISO 15148 (ISO, 2002). O procedimento englobou a imersão parcial contínua das faces de nove amostras de cada material em uma lâmina de água de 3,0 mm. O ganho de massa foi aferido e registrado rigorosamente nos tempos cronometrados de 1 minuto, 20 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas, 24 horas e 30 horas. Com as medidas, determinaram-se os coeficientes médios de absorção capilar e as variações de massa por unidade de área;

3.3.3 Avaliação da umidade superficial protótipos - termografia)

Após a cura, os protótipos (muros) foram preenchidos com solo arenoso e saturados com água para simular pressão positiva e umidade ascensional. O monitoramento ocorreu durante 8 dias consecutivos utilizando uma câmera termográfica FLIR C2. A análise baseou-se na identificação de "áreas frias" (tons de azul) indicativas de umidade, versus "áreas quentes" (tons de vermelho/laranja) indicativas de superfície seca.

3.3.4 Avaliação da umidade superficial (protótipos - higrômetro)

Por fim, realizou-se a quantificação da umidade superficial com o emprego do medidor de umidade não destrutivo (higrômetro STHT77030), previamente calibrado. Realizaram-se medições simultâneas aos registros termográficos ao longo dos 8 dias, coletando-se o percentual de umidade na região inferior, na região central e na região superior das faces com impermeabilização e em uma face sem impermeabilização (referência). A análise dos resultados baseou-se no cruzamento dos comportamentos numéricos e das anomalias térmicas observadas.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Absorção de água por imersão

No ensaio de absorção de água por imersão, observou-se uma distinção acentuada entre a capacidade de saturação dos dois substratos analisados. As amostras de referência (não impermeabilizadas) do bloco cerâmico atingiram absorções médias de 17,13% em 24 horas e 17,22% após 48 horas. Esses valores convergem com as propriedades indicadas pelo fabricante do insumo e respeitam a variação estipulada pela NBR 15270-1 (ABNT, 2017), confirmando a porosidade elevada e interconectada característica das peças cerâmicas. Com a aplicação dos tratamentos, houve decréscimo nessas taxas; o bloco com produto monocomponente registrou uma média de 12,96% às 48 horas, enquanto o impermeabilizante bicomponente apontou 14,22%.

Por sua vez, a pedra grês sem tratamento obteve um comportamento inerentemente mais restrito, atingindo a saturação média de 6,99% ao cabo de 48 horas. Conforme embasado por Rößler et al. (2002) e Grinzato, Cadelano e Bison (2010), a predominância de microporos na rede matricial rochosa determina não apenas um menor limite de volume preenchível inicial, mas também impõe uma acentuada morosidade ao mecanismo de difusão de água. Ao receber os sistemas protetivos, os índices diminuíram ainda mais: o monocomponente finalizou com 6,57%, enquanto o bicomponente apontou o melhor desempenho, obtendo um registro de apenas 6,07% no mesmo período, refletindo uma mitigação eficaz da penetração aquosa.

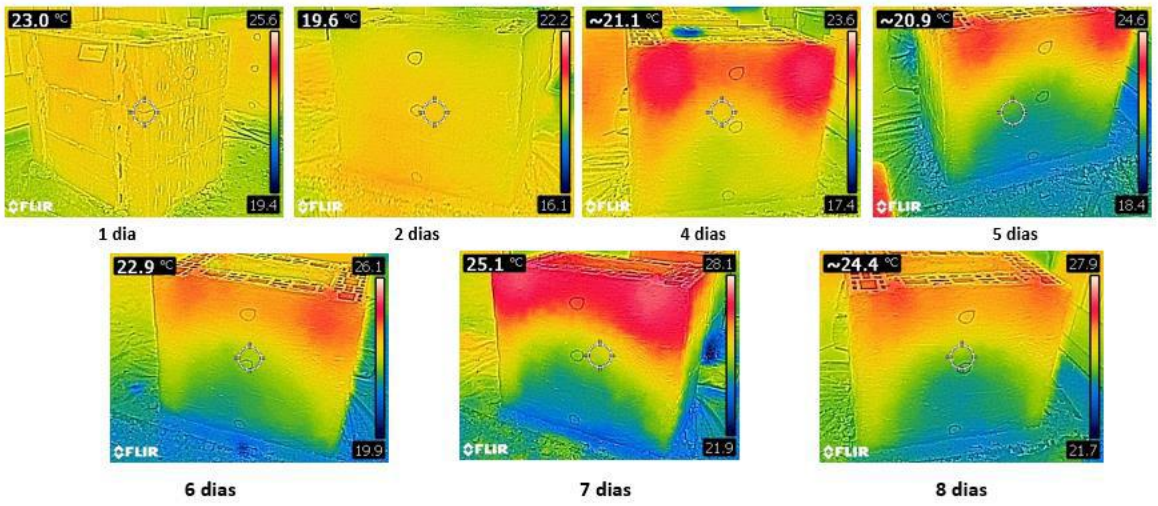
4.2 Absorção de água por capilaridade

A análise dos coeficientes de absorção capilar demonstrou a superioridade do sistema bicomponente. No bloco cerâmico, a referência iniciou com um coeficiente de absorção muito alto (0,43 kg/m².s^0,5 em 1 min). O tratamento com impermeabilizante bicomponente reduziu drasticamente esse valor para 0,02 kg/m².s^0,5, mantendo-se constante ao longo das 30 horas de ensaio. O monocomponente também reduziu a capilaridade (0,12 kg/m².s^0,5 inicial), estabilizando em 0,05 kg/m².s^0,5, mas ainda superior ao bicomponente.
Na pedra grês, a referência apresentou coeficiente inicial de 0,70 kg/m².s^0,5. Ambos os impermeabilizantes foram eficazes em reduzir essa taxa, com o bicomponente novamente apresentando os menores valores iniciais (0,07 kg/m².s^0,5) e finais. Esses dados corroboram as conclusões de Kwiatkowski e Seidler (2014) sobre a eficiência de base cimentícia na redução da permeabilidade, especialmente os bicomponentes que formam uma barreira física e química mais robusta nos poros superficiais.

4.3 Higrômetro e análise visual via termografia

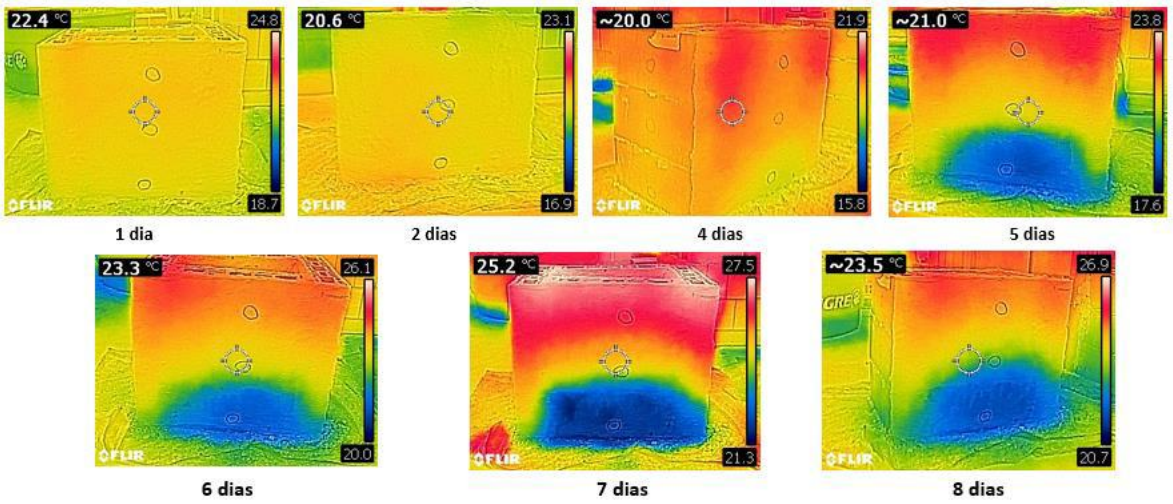
A avaliação dos protótipos em escala real, simulando condições de uso (solo saturado internamente), revelou limitações que os ensaios em corpos de prova não captaram totalmente. As imagens termográficas mostraram que, até o 4º dia, os sistemas impermeabilizantes contiveram a umidade satisfatoriamente (predominância de cores quentes/secas). No entanto, a partir do 4º dia, surgiram "áreas frias" (azuladas) indicando infiltração. No 8º dia, a água havia transposto a barreira em todos os protótipos.
O higrômetro quantificou esse fenômeno. No bloco cerâmico de referência, a umidade atingiu 25% no 7º dia. O sistema bicomponente conseguiu manter a umidade entre 8% e 16% na maioria dos pontos, demonstrando melhor desempenho que o monocomponente (15-17%) para este substrato. Isso sugere que a argamassa polimérica bicomponente tem melhor aderência e capacidade de vedação na superfície mais porosa e absorvente da cerâmica.

Figura 2 - Imagens termográficas dos protótipos de bloco cerâmico com impermeabilizante monocomponente



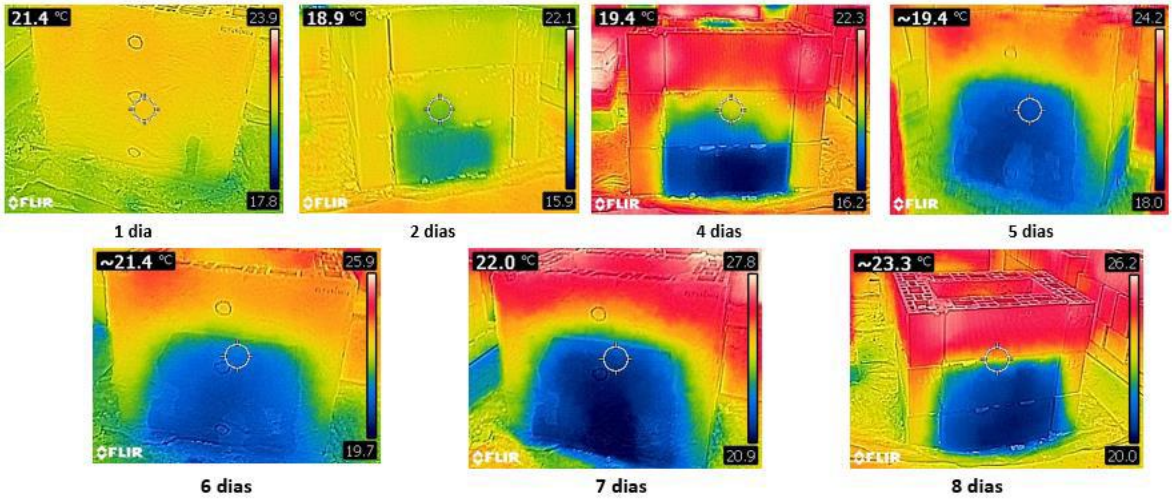
Fonte: Registrada pelos autores.

Figura 3 - Imagens termográficas dos protótipos de bloco cerâmico com impermeabilizante bicomponente



Fonte: Registrada pelos autores.

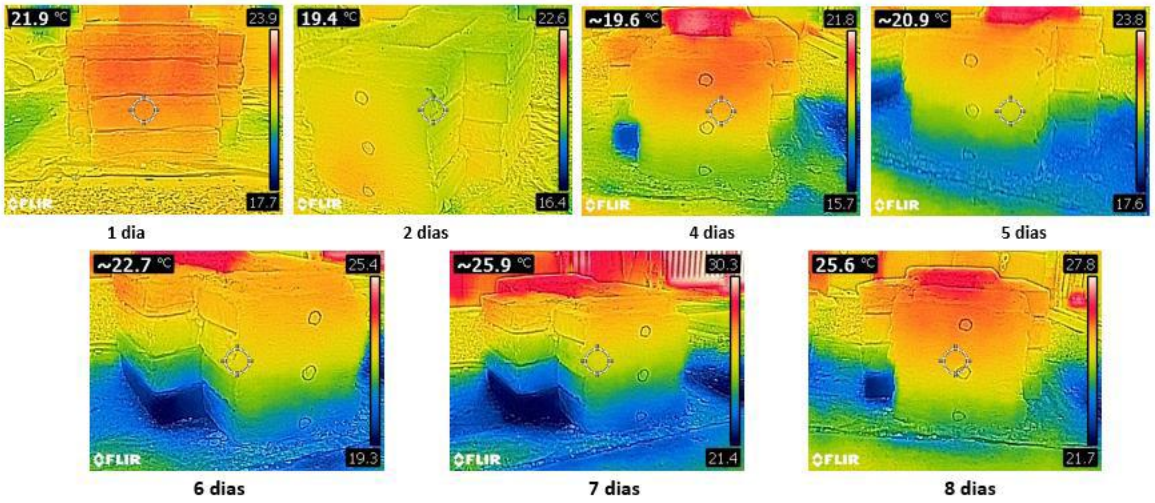
Figura 4 - Imagens termográficas dos protótipos de bloco cerâmico sem impermeabilizante (referência)



Fonte: Elaborada pelos autores.

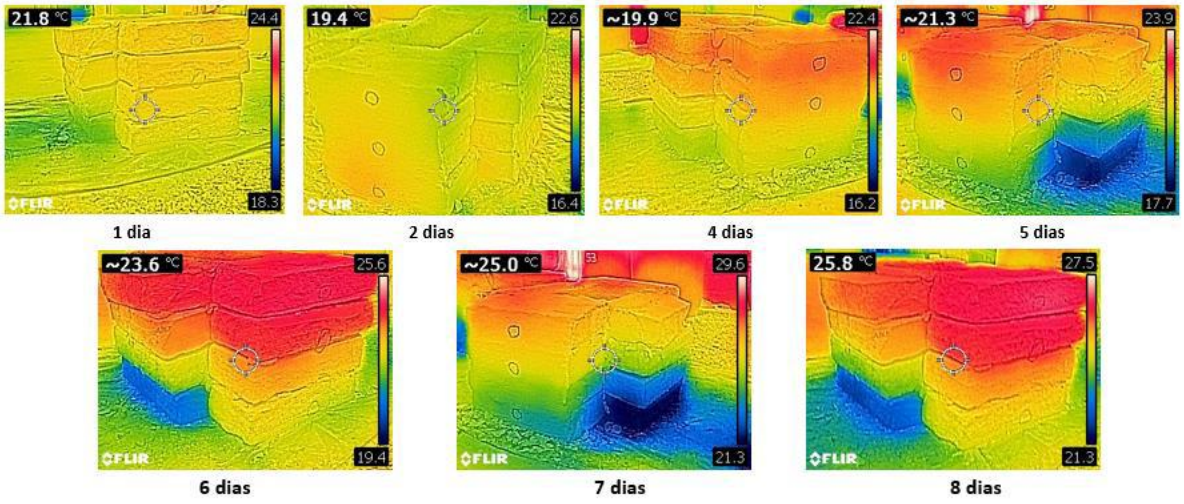
Inversamente, na pedra grês, o impermeabilizante monocomponente (cristalizante) apresentou melhor desempenho visual e quantitativo, mantendo a umidade entre 15-18% com menor variação térmica, enquanto o bicomponente apresentou instabilidade, chegando a 18% no segundo dia. A amostra de referência de pedra grês atingiu 25% de umidade, evidenciando a ascensão capilar progressiva. A melhor performance do cristalizante na pedra pode estar associada à sua capacidade de penetrar nos microporos da rocha e reagir quimicamente, enquanto a película do bicomponente pode ter sofrido com a pressão de vapor ou aderência na superfície da pedra.

Figura 5 - Imagens termográficas do protótipo de pedra grês com impermeabilizante bicomponente



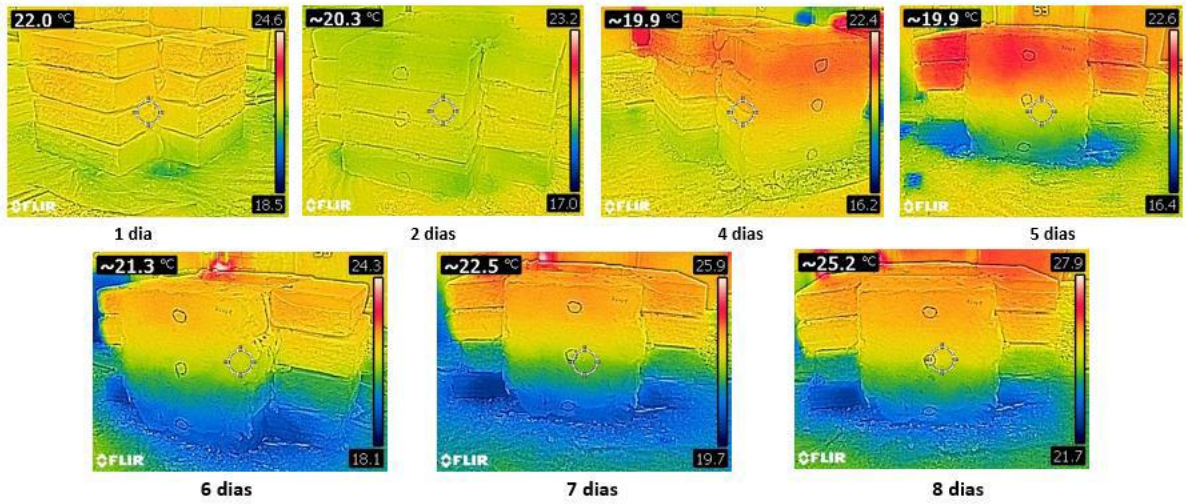
Fonte: Registrada pelos autores.

Figura 6 - Imagens termográficas do protótipo de pedra grês com impermeabilizante monocomponente



Fonte: Registrada pelos autores.

Figura 7 - Imagens termográficas do protótipo de pedra grês sem impermeabilizante (referência)



Fonte: Registrada pelos autores.

5. CONCLUSÕES

A partir dos ensaios realizados, podem ser assumidas como principais conclusões:
1. Nos ensaios laboratoriais padronizados (corpos de prova), o impermeabilizante bicomponente apresentou desempenho superior, com os menores coeficientes de absorção por capilaridade e imersão, especialmente no bloco cerâmico.
2. A natureza do substrato influenciou a eficácia do sistema de impermeabilização. O substrato composto por alvenaria de blocos cerâmicos apresentou melhor desempenho com o sistema de impermeabilização bicomponente, enquanto o substrato composto por pedra grês, apresentou melhor resposta ao sistema monocomponente.
3. Em condições de exposição realística (protótipos com solo saturado), nenhum dos sistemas garantiu estanqueidade total por período prolongado. A falha observada a partir do 4º dia e a transposição da água no 8º dia indicam que, sob pressão hidrostática constante e saturação do solo sem drenagem auxiliar, apenas a impermeabilização da face interna/externa foi insuficiente.
4. Os sistemas cimentícios atuam efetivamente como mitigadores, retardando a ascensão capilar e reduzindo os índices de umidade superficial em comparação às referências não tratadas (redução de 25% para cerca de 15% de umidade média).
Recomenda-se, para trabalhos futuros, a ampliação do tempo de monitoramento para avaliar o efeito cumulativo a longo prazo e a investigação da interação desses impermeabilizantes com sistemas de drenagem eficientes, visto que a impermeabilização isolada se mostrou uma medida preventiva de mitigação, mas não uma solução definitiva para cenários críticos de saturação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. R.; SILVA, G. F. Estacas justapostas como solução de contenção: análise de desempenho em obras urbanas. **Revista Brasileira de Geotecnia**, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM INTERNATIONAL. **ASTM C97/C97M – 2002**: Standard test methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone. West Conshohocken: ASTM International, 2002.

ARAÚJO, M. F.; OLIVEIRA, N. L.; CANTARINI, N.; LIMA, P. P.; BARBOZA, V. R. **Análise comparativa entre métodos de impermeabilização de fachadas**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Mackenzie, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: **Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: **Estabilidade de encostas**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11905: **Sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270: **Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1**: Requisitos. Rio de Janeiro, 2023.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 6. ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

BRITO, J. **Umidade ascendente em paredes térreas de edifícios**. Lisboa: LNEC, 2003.

FARIA, L. M.; OLIVEIRA, A. C. Estruturas de contenção com perfis metálicos e painéis pré-moldados: vantagens e limitações. **Cadernos de Engenharia Estrutural**, v. 23, n. 2, p. 112-123, 2021.

FIGUEIREDO, A.; VARUM, H.; COSTA, A. **Diagnóstico das anomalias em edificações**: Um enfoque em estruturas de betão armado. Lisboa: LNEC, 2012.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de contenção**: Muros de arrimo. Rio de Janeiro: UERJ, 2010.

GERSCOVICH, D. M. S.; DANZIGER, M.; SARAMAGO, F. **Estruturas de contenção**: Teoria e prática. São Paulo: Editora Técnica, 2019.

GRINZATO, E.; CADELANO, G.; BISON, P. Moisture map by IR thermography. **Journal of modern Optics**, v. 57, n. 18, 2010.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em edifícios**: diagnóstico, patologias e intervenções. Lisboa: Orion, 1994.

HERRMANN, T. D.; MOHAMAD, G.; LIMA, R. C. A. Avaliação do comportamento de estanqueidade à água de argamassas e hidrorrepelentes – Parte II. **Matéria**, v. 24, n. 4, 2019.

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Damp indoor spaces and health**. Washington: The National Academies Press, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO - IBI. **Recomendações em relação aos sistemas de impermeabilização**. São Paulo, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15148: **Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water absorption coefficient by partial immersion**. Geneva, 2002.

ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

KHARSEH, M.; KALANTARI, S.; SALA, L. Evaluation of moisture penetration through building envelopes. **Energy Procedia**, 2017.

KUBAL, M. T. **Construction waterproofing handbook**. 2. ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 2008.

KWIATKOWSKI, R. V.; SEIDLER, N. Estudo comparativo da eficiência de impermeabilizantes em fundações. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC**, 15., 2014, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2014.

LOURENÇO, P. B.; ROCHA, J.; RAMOS, L. F. Capacidade de absorção capilar dos blocos cerâmicos. In: SAAVEDRA, W. (org.). **Avanços em materiais de construção**. Lisboa: Springer, 2007. p. 251–294.

LSTIBUREK, J.; CARMODY, J. **Moisture control handbook**: Principles and practices for residential and small commercial buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

MARQUES, A. R. **Estruturas de contenção: Fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Técnica, 2023.

MARCHETTI, O. **Muros de arrimo**. São Paulo: Blucher, 2008.

MENDONÇA, A. M. G. D. et al. Expansão por umidade de revestimentos cerâmicos incorporados com resíduos de granito e caulim. **Cerâmica**, v. 58, n. 346, 2012.

MORGADO, L. E. **Impermeabilização ajuda a garantir a estabilidade de muros de arrimo**. Revista AECweb, São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/impermeabilizacao-ajuda-a-garantir-a-estabilidade-de-muros-de-arrimo/18585. Acesso em: 02 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Diretrizes da OMS para a qualidade do ar em ambientes fechados**: umidade e mofo. Escritório Regional para a Europa, 2009.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede**: Método do cachimbo. 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

RIGHI, L. C. **Estudo dos sistemas de impermeabilização**: Patologias, prevenção e correções – análise de casos. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

RODRIGUES, M. E.; SOBRINHO JÚNIOR, J. A.; LIMA, M. R. Umidade em edificações: causas, consequências e soluções. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 4, n. 2, p. 19-33, 2016.

RODRIGUES, V. A.; SANTOS, M. C. Muros de solo reforçado: análise do comportamento e recomendações técnicas. **Revista Geotecnia**, 2019.

RÖßLER, M. et al. **Characterisation of pore space properties in sandstones using nuclear magnetic resonance**. 2002.

SABINO, T. D. M. M.; PEREIRA, F. S. C. Análise de impermeabilizantes visando o aumento da durabilidade de estruturas de concreto armado e protendido. **Revista UNI-RN**, v. 19, n. 2, p. 29–40, 2019.

SARAMAGO, F. **Estruturas de contenção: Muros de arrimo**. Rio de Janeiro: UERJ, 2019.

SCHEIDEGGER, G. M. Impermeabilização de edificações: mantas asfálticas e argamassas poliméricas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Conhecimento**, v. 4, p. 126-151, 2019.

SOUZA, R. **Manual de Inspeção Predial**: Manutenção predial preventiva, corretiva e preditiva. São Paulo: PINI, 2008.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

WINKLER, E. **Stone in architecture**: Properties, durability. Berlin: Springer-Verlag, 1997.