

Análise comparativa da eficácia e eficiência de três sistemas impermeabilizantes

I R. S. Kmick¹, M. G. Gazolla¹, R. M. da Silva Junior¹,

A. P. B. Capraro^{*2}, K. A. W. Moreira¹

* Autor de Contato: anapcapraro@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.509>

Recepção: 11/09/2020 | Aceitação: 30/10/2020 | Publicação: 01/01/2020

RESUMO

O objetivo desse estudo foi analisar comparativamente sistemas de impermeabilização empregados no mercado brasileiro. Os produtos avaliados foram: emulsão asfáltica, resina acrílica e resina termoplástica. Para avaliação da eficácia dos sistemas foram realizados os ensaios de estanqueidade, absorção por imersão e capilaridade, sendo esse último também analisado por imagens termográficas. Para a análise da eficiência dos sistemas foi adotado um padrão de envelhecimento acelerado, o qual consistiu na alternância das amostras em ciclos de molhagem e secagem. Os resultados indicam um bom desempenho para os sistemas estudados, que quando comparados a série não impermeabilizada apresentaram absorções inferiores (aproximadamente 300%). Já o ensaio de envelhecimento acelerado indicou, posteriormente aos 140 dias de idade, redução do desempenho das séries impermeabilizadas.

Palavras-chave: sistemas de impermeabilização; eficácia; eficiência; envelhecimento acelerado; redução de desempenho.

Citar como: Kmick, R. S., Gazolla, M. G., da Silva Junior, R. M., Capraro, A. P. B., Moreira, K. A. W. (2021), "Análise comparativa da eficácia e eficiência de três sistemas impermeabilizantes", Revista ALCONPAT, 11 (1), pp. 34 – 47, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.509>

¹ Engenharia Civil, Centro Universitário Araucária, Araucária, Brasil.

² Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

Contribuição de cada autor

Neste trabalho, os autores Renata dos Santos Kmick, Micheli Gazolla e Renato Moura da Silva Junior contribuíram com a discussão da ideia original e com o desenvolvimento de ensaios e coleta de dados. A autora Ana Paula Brandão Capraro contribuiu com a discussão da ideia original, redação do trabalho e discussão de resultados. O autor Kirke Moreira contribuiu com a coleta de dados e redação do trabalho.

Licença Creative Commons

Copyright (2021) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discussões e correções pós-publicação

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no terceiro número do ano 2021, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do segundo número do ano de 2021.

Comparative analysis of the effectiveness and efficiency of three waterproofing systems

ABSTRACT

The objective of this study was to comparatively analyze waterproofing systems used in Brazil. The evaluated products were: asphalt emulsion, acrylic resin and thermoplastic resin. In order to evaluate the effectiveness of the systems the tests measured the tightness and the absorption by immersion and capillarity, the last one was also analyzed by thermographic images. For the systems efficiency analysis an accelerated aging pattern was adopted, which consisted of alternating the samples in wet and dry cycles. The results indicate a good performance for the studied systems, in comparison to the non-impermeable series, it presented lower absorbance (approximately 300%). The accelerated aging test indicated, after 140 days of age, a reduction in the performance of the waterproofed serie.

Keywords: waterproofing systems; effectiveness; efficiency; accelerated aging; yield reduction.

Análisis comparativo de la efectividad y eficiencia de tres sistemas de impermeabilización

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar comparativamente los sistemas de impermeabilización empleados en el mercado brasileño. Los productos evaluados fueron: emulsión de asfalto, resina acrílica y resina termoplástica. Para evaluar la efectividad de los sistemas, se realizaron pruebas de estanqueidad, absorción por inmersión y capilaridad, siendo este último también analizado por imágenes termográficas. Para el análisis de eficiencia de los sistemas, se adoptó un patrón de envejecimiento acelerado, que consistía en alternar las muestras en ciclos húmedos y secos. Los resultados indican un buen desempeño para los sistemas estudiados, que en comparación con las series no impermeables presentaron absorbancias más bajas (aproximadamente 300%). La prueba de envejecimiento acelerado indicó, después de 140 días de edad, una reducción en el rendimiento de la serie impermeabilizada.

Palabras clave: sistemas de impermeabilización; efectividad; eficiencia; envejecimiento acelerado; reducción de rendimiento.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos para o uso exclusivo do título da revista No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de impermeabilização são essenciais para assegurar a durabilidade de qualquer construção e negligenciá-los pode trazer como resultado a infiltração, a qual propicia mecanismos patológicos como a lixiviação, degradação do concreto, corrosão de armaduras e bolhas em revestimentos (Aldea e Shah, 1999).

Um material considerado impermeável é aquele que impede a passagem de água de um plano para o outro. Ou ainda, um substrato que não absorva mais que 2,5% de umidade quando comparado a uma amostra referência (Basheer *et al.*, 2001).

A falta de informação a respeito das técnicas e o uso de materiais inadequados, entre outros fatores, por muito tempo foram os responsáveis pelos os insucessos na impermeabilização (PICCHI, 1986). O custo de uma impermeabilização bem concebida e executada pode representar 1% a 3% do valor de uma obra. Prejuízos advindos dos custos de manutenção de um imóvel podem chegar de 5% a 10% do valor do empreendimento (Bauer *et al.*, 2010).

Novas normas, como é o caso da NBR 15575 (ABNT, 2013), e atualizações de normas existentes veem direcionando as recomendações ao atendimento das necessidades e desempenhos das edificações, exigindo-se que todos os sistemas habitacionais atendam um nível mínimo de desempenho ao longo da vida útil determinada em projeto (VUP).

O sistema de impermeabilização atualmente mais empregado é o que faz uso de manta asfáltica (Menezes, 2018), porém, os fabricantes têm investido bastante em pesquisas de desenvolvimento de novos produtos, ampliando o mercado e trazendo o benefício da durabilidade nas obras, com redução de custos.

De acordo com Andrello e Takagi (2017), aplicando um produto com maior desempenho, economiza-se na aplicação e na manutenção da edificação. Ainda, segundo o mesmo autor, os fabricantes têm produtos com a mesma finalidade, porém, as características mudam de produto para produto. Se o consumidor ou o aplicador não der atenção para isso poderá aplicar um produto de forma igual para todos os casos, não atingindo, dessa forma, o desempenho esperado.

Levando em consideração o exposto, o presente estudo teve por objetivo a análise comparativa da eficácia e eficiência de três sistemas impermeabilizantes, disponíveis no mercado, e recomendados, pelos seus fabricantes, para serem utilizados em laje cobertura não transitável. Para a análise da eficácia dos sistemas impermeabilizantes, ou seja, do sucesso do sistema como camada estanque ao concreto, foram realizados os ensaios de estanqueidade (NBR 15575-3, 2013), absorção por imersão (NBR 9778, 2005) e absorção por capilaridade (NBR 9779, 2012) em idade inicial, logo após a cura dos sistemas aplicados. Para a análise da eficiência do sistema, ou seja, do desempenho ao longo do tempo, foram realizados os mesmos ensaios de absorção por imersão (NBR 9778, 2005) e absorção por capilaridade (NBR 9779, 2012), contudo, após a exposição das amostras em ciclos de molhagem e secagem, visando representar um ciclo de envelhecimento acelerado dos sistemas.

2. METODOLOGIA

Este estudo contou com a realização de um programa experimental, com a confecção de amostras de concreto e proteção das mesmas com os materiais impermeabilizantes a serem avaliados.

2.1 Materiais impermeabilizantes

Para a escolha dos três produtos impermeabilizantes empregados na presente pesquisa foram levados em consideração: (i) o local de aplicação, sendo este recomendado para o mesmo fim entre os três produtos, recomendação está feita pelos fabricantes; (ii) os produtos serem normatizados; (iii) e a classificação, quanto a vida útil, pelo IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização), sendo escolhidas três faixas distintas de vida útil esperada.

Foram então escolhidas três membranas, as quais atenderam aos critérios de fabricação e aplicação das normas NBR 9685 (ABNT, 2005), NBR 13321 (ABNT, 2008), NBR 15885 (ABNT, 2010) e aos critérios de vida útil do IBI, citados por Morgado *et al.* (2018). Os produtos, suas respectivas normas e vida úteis estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Produtos impermeabilizantes empregados na pesquisa.

| Grupo dos Produtos | Membranas | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Norma (ABNT, NBR) | 9685:2005 | 13321:2008 | 15885:2010 |
| Produtos | Emulsão Asfáltica | Membrana Acrílica | Resina Polimérica |
| Vida útil (IBI) | 8 | 16 | 26 |

A membrana de emulsão asfáltica tem como base asfalto modificado com polímeros e é emulsionado em água, pronto para o uso e não agressivo ao meio ambiente. Segundo o fabricante, mantido em sigilo por questões éticas, suas características são: a boa performance de elasticidade e flexibilidade, a aderência, o fácil manuseio e a aplicação. O produto pode ser aplicado em ambientes fechados, formando uma membrana contínua e sem emendas, com resistência e durabilidade. Seu uso pode ser em terraços, jardineiras e floreiras, muros de contenção, saunas, câmaras frigoríficas, calhas, lajes de pequenas dimensões, paredes e pisos frios.

A membrana de resina acrílica é um material monocomponente, aplicável a frio e pronto para o uso. Devido as suas características, citadas pelo fabricante, também mantido em sigilo, é considerado um excelente impermeabilizante e de boa durabilidade, fácil aplicação, boa elasticidade, resistente aos raios U.V, com boa aderência em substratos cimentícios e fibrocimento e reflete raios solares, reduzindo parte do calor absorvido pela estrutura. Sua aplicação pode ser em coberturas abobadadas e inclinadas, lajes de concreto, calhas de concreto, varandas e terraços, coberturas de reservatórios e telhas de fibrocimento.

A resina termoplástica é um impermeabilizante flexível, bi componente, à base de polímeros acrílicos com cimento e reforçado com fibras, especialmente indicado para estruturas sujeitas à movimentação. É recomendado o uso em estruturas hidráulicas e que tenha contato com água potável, áreas molhadas como banheiros, sacada e fachadas, lajes de cobertura com tráfego eventual e com suas devidas juntas de dilatação, piscinas e reservatórios, floreiras e jardineiras, entre outros. Apresenta alta flexibilidade e alongamento, podendo ficar exposto ao tempo (resistente ao U.V) e resistente a altas pressões hidrostáticas positivas. Ainda, segundo o fabricante, possui fácil e rápida aplicação podendo ser aplicação manual ou projetada, não necessitando de cura.

A descrição dos produtos impermeabilizantes que foram utilizados na pesquisa está disposta na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos produtos impermeabilizantes empregados na pesquisa.

| Produto | Componentes | Características |
|----------------------|--|---|
| Emulsão Asfáltica | Asfalto (40-70% de concentração) | Densidade: 0,95 a 1,05 g/cm ³ Viscosidade: 9.000 a 12.000 Cps Cor: Preto |
| Membrana Acrílica | Água, cargas minerais, emulsão acrílica, pigmento, estabilizantes, antiespumante, biocida. | Densidade: 1,2 g/cm ³ Viscosidade: 1000 a 2500 Cps Cor: Branco |
| Resina Termoplástica | Polímeros Acrílicos (Resina Termoplástica), Cimento Portland (25 - 50% de concentração) | Densidade: 1,60g/cm ³ Cor: Cinza |

2.2 Moldagem das amostras

As amostras empregadas no estudo foram confeccionadas com concreto de cimento Portland CPV-ARI, resistência de 35 MPa, traço base 1:1:6 com relação água/cimento de 0,495. O cimento empregado possui massa específica de 3,13 g/cm³, o agregado miúdo possui a dimensão máxima 2,4mm e massa específica de 2,62 g/cm³ e o agregado graúdo empregado foi uma brita 1, de massa específica igual a 2,65 g/cm³.

Para a análise de desempenho dos produtos foram moldados 32 corpos de provas cilíndricos 0,10x0,20m e 4 lajes, com dimensões de 0,6x0,6x0,07m. Após a cura de 28 dias do concreto das amostras foi realizada a aplicação dos produtos, conforme as orientações das fichas técnicas (Tabela 3).

Tabela 3. Aplicação dos produtos impermeabilizantes empregados na pesquisa.

| Produto | Especificação | Intervalos | Tempo de Secagem |
|----------------------|-------------------------|------------|------------------|
| Emulsão Asfáltica | 2 a 3 demãos | 12 horas | 5 dias |
| Membrana Acrílica | 3 a 4 demãos | 6 horas | 1 dias |
| Resina Termoplástica | Espessura entre 2 a 4mm | 6 horas | 7 dias |

2.3 Análise experimental

As amostras de concreto moldadas foram submetidas a ensaios experimentais, os quais tiveram por objetivo avaliar a eficácia e a eficiência do produto empregado como impermeabilizante.

Para a análise da eficácia dos sistemas, ou seja, desempenho inicial dos produtos quando comparados a série referência, está sem nenhuma proteção, foram realizados os ensaios de teste de estanqueidade, absorção por imersão e absorção por capilaridade.

Os resultados dos ensaios de absorção por imersão e absorção por capilaridade, que são qualitativos por apresentarem diferenças percentuais de absorção, foram analisados estatisticamente, por meio do teste de Tukey, com 95% de confiança. O teste tem por objetivo apontar a menor diferença significativa, estatisticamente, entre os dados analisados. Assim sendo, com o intervalo de 95% de confiança, as séries (referência e as três impermeabilizadas) foram comparadas, a fim de ser avaliada a diferença estatística entre elas nos ensaios quantitativos realizados.

Para o teste de estanqueidade foram utilizadas as quatro lajes, sendo três delas com os produtos selecionados para a pesquisa e uma para comparação de comportamento sem proteção, sendo a amostra referência. As lajes foram submetidas ao teste de estanqueidade, sendo elas expostas a uma lâmina de água de 0,03m por 72 horas, através de um recipiente transparente e vedado, conforme recomendação da Anexo C NBR 15575-3 (ABNT, 2013), Figura 1.



Figura 1. Teste de estanqueidade realizado em laboratório.

Em paralelo foram utilizados 12 corpos de prova 10x20cm para a realização do ensaio de absorção por imersão, de acordo com a NBR 9778 (ABNT,2005), sendo 3 com aplicação dos produtos e 3 para a série referência, sem aplicação. Após a aplicação e secagem dos produtos, os corpos de provas foram levados a estufa por 72 horas, a 40°C. A temperatura da secagem foi assim adotada para evitar uma sollicitação que os materiais não resistiriam. Após a secagem, foram registradas as massas das amostras secas e, posteriormente aos períodos de imersão (24, 48 e 72 horas), foram também registradas as massas das amostras imersas.

Ainda, foi realizado o ensaio de absorção de água por capilaridade, conforme NBR 9779 (ABNT, 2012). Foram utilizados 20 corpos de prova, sendo 5 impermeabilizados pela metade, com cada impermeabilizante e 5 como referência, sem aplicação de produto. Foi realizada a impermeabilização somente da parte inferior por ser a parte da amostra em contato com a água durante o ensaio. Após o tempo de secagem dos produtos, os corpos de provas foram levados à estufa sob temperatura de 40°C pelo período 72 horas e resfriados a temperatura ambiente por 24 horas. Após a determinação da massa seca, os corpos de prova foram levados a um suporte e expostos há uma lâmina de água constante de 10mm. Durante o ensaio foi determinada a massa saturada dos corpos de provas em intervalos de 3h, 6h, 24h, 48h e 72h. Após a determinação das massas, os corpos de prova foram rompidos por compressão diametral, para permitir medição da distribuição da água no seu interior com a utilização de termografia infravermelha.

Para a avaliação da eficiência dos produtos, ou seja, do desempenho deles ao longo do tempo, foi adotada uma condição de envelhecimento acelerado, a qual consistiu na ciclagem semanal dos corpos de prova cilíndricos empregados no ensaio de absorção por imersão. O ciclo adotado alternou as amostras entre uma condição de molhagem (imersão) e secagem (exposição ao sol e a intempéries). O padrão de envelhecimento foi assim adotado por já ter sido utilizado em outros trabalhos que buscaram o aceleração do envelhecimento (Gao *et al.*, 2013; Gong *et al.*, 2016; Jiang e Niu, 2016).

As amostras empregadas na análise do envelhecimento acelerado foram sujeitas a três conjuntos de ciclos, sendo cada um composto por 8 ciclagens (8 semanas), sendo as idades de análise 84, 140 e 196 dias. Nas idades mencionadas os corpos de provas foram sujeitos aos procedimentos mencionados no ensaio de absorção por imersão.

3. RESULTADOS

3.1 Estanqueidade

Após a submissão das lajes ao teste de estanqueidade, as mesmas foram observadas por 72 horas. Contudo, no período avaliado, o qual é o recomendado pela NBR 15575 (ABNT, 2013), não foi constatado o aparecimento de bolhas, infiltração na parte inferior das lajes e nem rebaixamento do nível da água na referência de 0,03m. A Figura 2 apresenta parte das quatro lajes estudadas, indicando a estanqueidade de todos os sistemas.

Cabe destacar que como todas as lajes foram consideradas estanques, não foi atestada diferença comportamental, passível de ser identificada por este ensaio, entre a amostra referência (sem proteção) e as amostras impermeabilizadas.

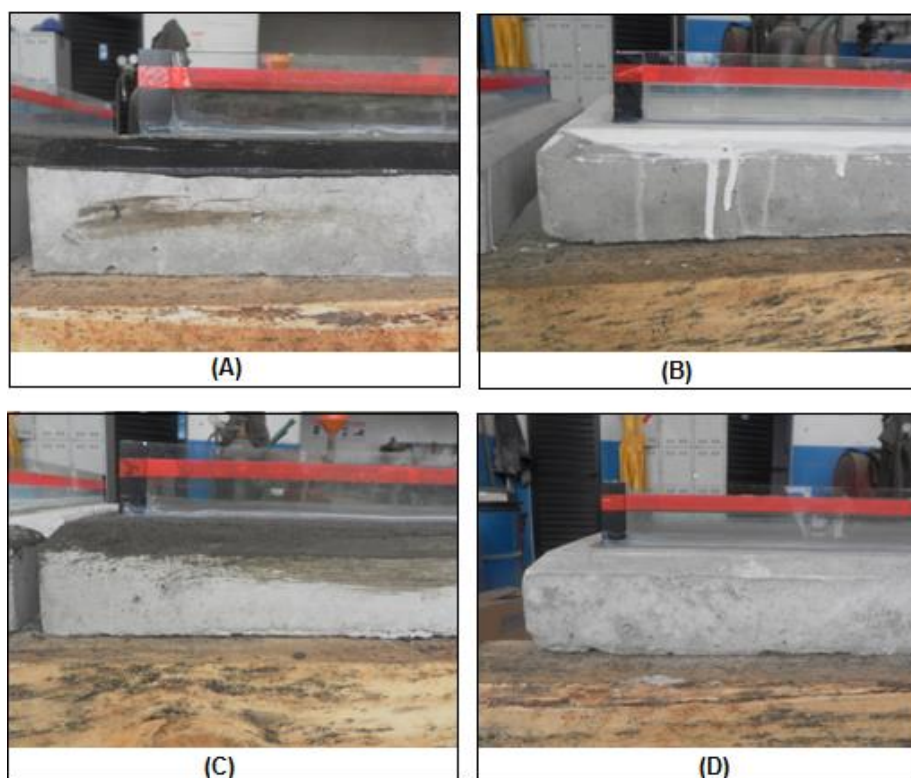


Figura 2. Resultado do ensaio de estanqueidade após 72 horas. A – Laje com emulsão asfáltica; B – Laje com membrana acrílica; C – Laje com resina termoplástica; D – Laje referência.

3.2 Absorção por imersão

A Figura 3 apresenta os resultados coletados para a taxa de absorção por imersão. A taxa média inicial, em 24 horas, dos corpos de prova impermeabilizados foi de 0,3%, contra 5,17% dos corpos de prova referência. Após o período de 72 horas observou-se um pequeno aumento das taxas, sendo a taxa média de absorção dos corpos de prova impermeabilizados de 0,4%, e de 5,23% para a série referência. Considerando a absorção referência de 2,5% citada por Basheer *et al.* (2001), nota-se que somente as amostras impermeabilizadas podem ser consideradas como substratos estanques.

Analisando comparativamente os resultados obtidos para as séries impermeabilizadas notou-se um comportamento muito semelhante entre elas, e satisfatório se comparado à série referência. Pelo desvio padrão obtido as séries emulsão asfáltica e resina termoplástica puderam ser consideradas estatisticamente equivalentes, pelo teste de Tukey, em todas as leituras realizadas. Na idade final avaliada, 72 horas de ensaio, a membrana acrílica foi a que apresentou o menor valor, validado estatisticamente, entre todas as séries avaliadas, indicando seu melhor desempenho durante este ensaio.

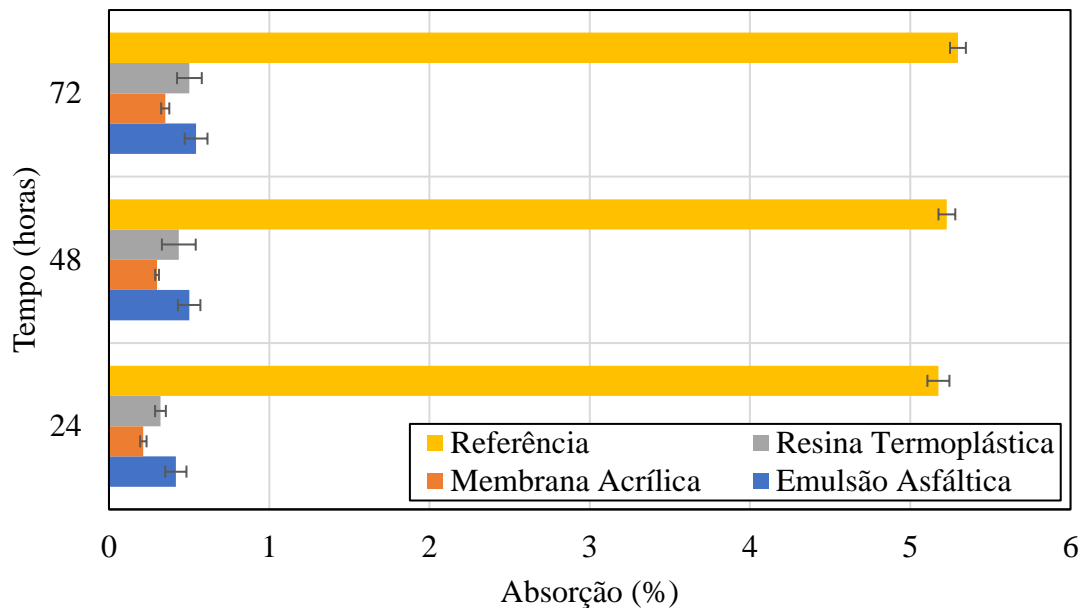


Figura 3. Resultado do ensaio de absorção por imersão.

3.3 Absorção por capilaridade

Nos períodos iniciais do ensaio, 3 e 6 horas, o comportamento dos corpos de prova com os produtos impermeabilizantes pode-se considerar similar, pois a média de taxa de absorção nesses períodos foi entre 0,659%, sendo todos considerados estatisticamente equivalentes pelo teste estatístico aplicado. Porém, no último intervalo de leitura do ensaio, 72 horas, os corpos de prova da série resina termoplástica apresentaram a menor taxa de absorção de 1,05%, contra uma média de 2,34% dos demais produtos. Ao final do ensaio a série referência teve uma absorção 7,9 vezes maior do que a série de resina termoplástica, que teve o melhor comportamento. A emulsão asfáltica e membrana acrílica se mantiveram com equivalente estatisticamente, considerando a maior variabilidade de desvio padrão entre eles, conforme Figura 4.

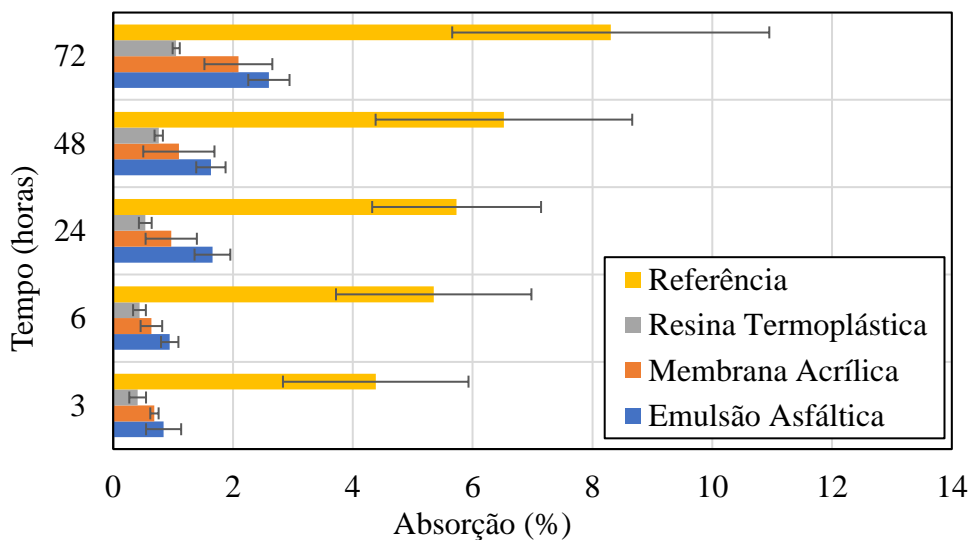


Figura 4. Resultado do ensaio de absorção por capilaridade.

O melhor desempenho da resina termoplástica no ensaio de absorção capilar confirma a indicação de Pezzolo (2013), que propões o uso do material para impermeabilização em rodapés de paredes de drywall.

A análise visual dos corpos de prova submetidos ao ensaio de compressão diametral e, posteriormente, a análise por termografia infravermelha, permitiu a confirmação do desempenho inferior da série referência e do desempenho semelhante entre as séries impermeabilizadas. A Figura 5 apresenta os corpos de prova da série referência que foram submetidos ao ensaio de compressão diametral. Para o caso dessa série notou-se uma altura média de ascensão capilar de 4,3cm.

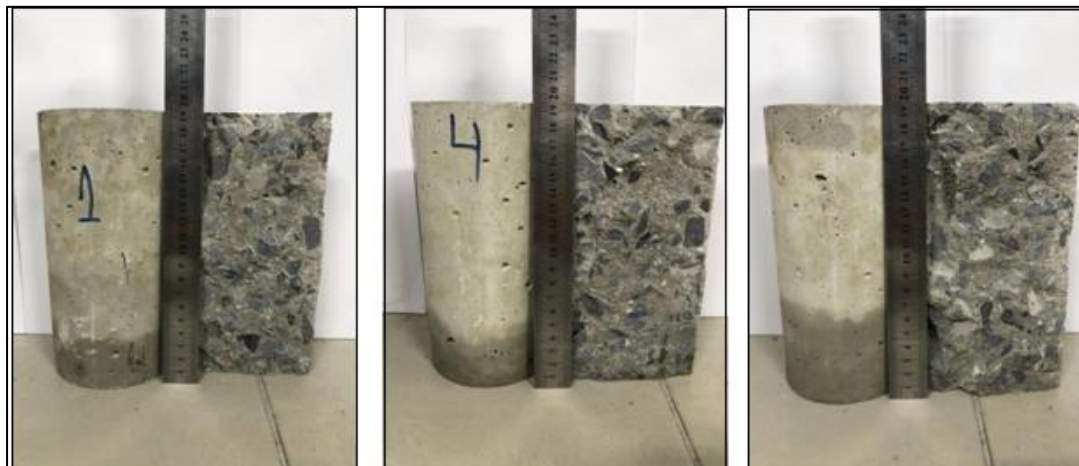


Figura 5. Corpos de prova da série referência após o ensaio de compressão diametral.

As imagens termográficas para a série referência, Figura 6, confirmam a percolação da água para o interior do corpo de prova, visto que a temperatura obtida no ensaio foi a menor entre as séries estudadas (23,1 °C).

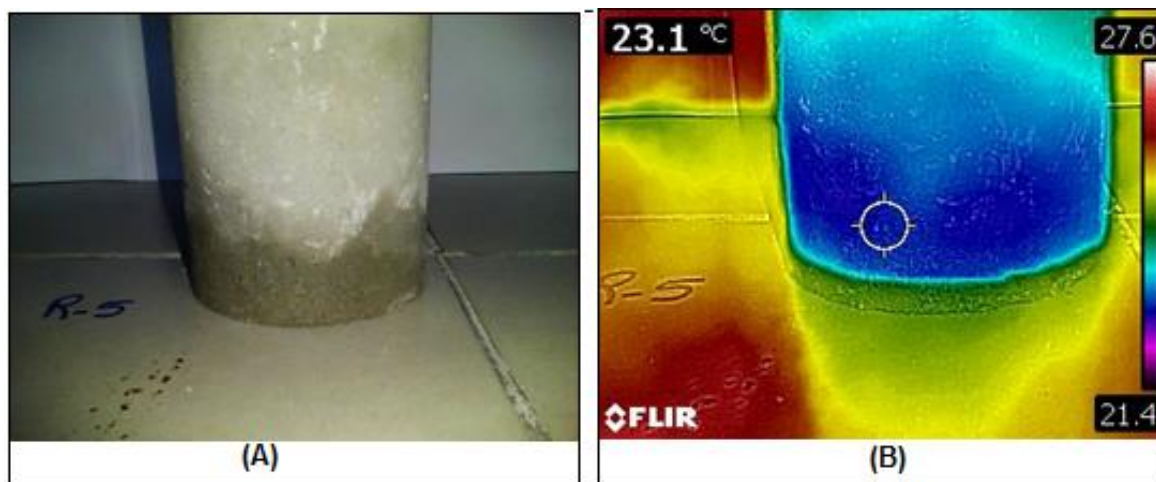


Figura 6. Imagem termográfica infravermelha para a série referência. A - Corpo de Prova após o ensaio de compressão diametral; B - Corpo de prova durante o ensaio de termografia.

A Figura 7 apresenta os corpos de prova das séries impermeabilizadas após o ensaio de compressão diametral. Para essas séries a dificuldade de obtenção das leituras de ascensão capilar foi maior, sendo a análise realizada por meio das imagens termográficas, apresentadas nas Figuras 8, 9 e 10. Percebe-se que as temperaturas registradas nas imagens termográficas são próximas ao mínimo indicado na escala referência, ao lado direito de cada imagem, indicando então a região de absorção de água.

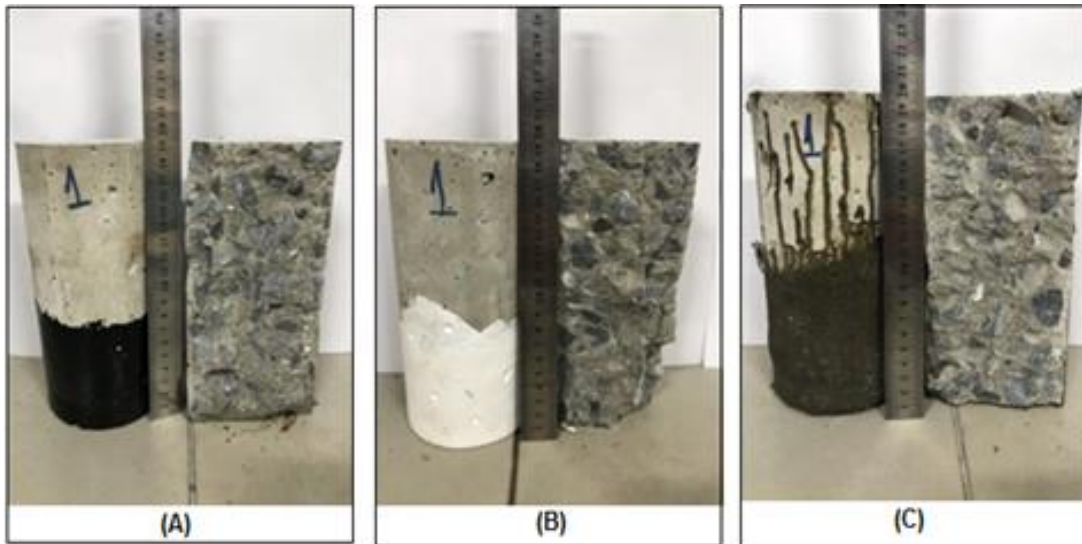


Figura 7. Corpos de prova das séries impermeabilizadas após o ensaio de compressão diametral. A – Amostra com emulsão asfáltica; B – Amostra com membrana acrílica; C – Amostra com resina termoplástica.

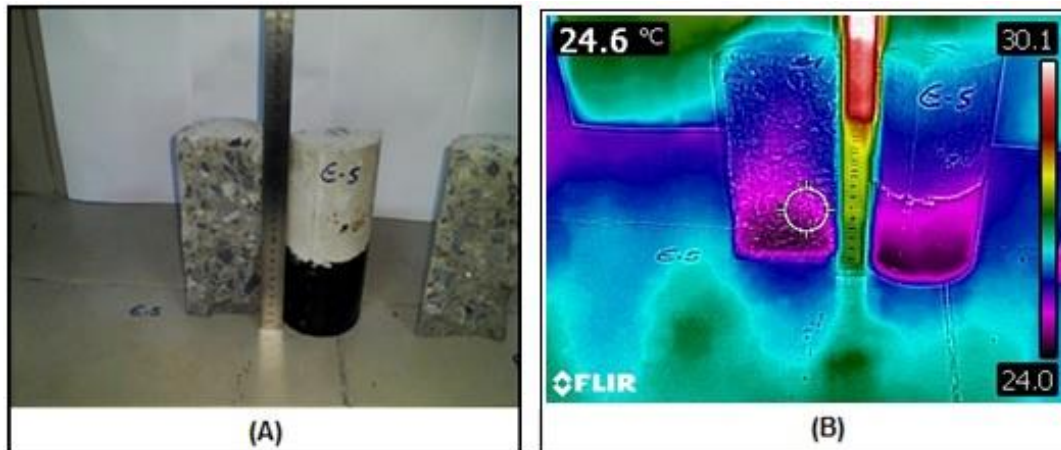


Figura 8. Imagem termográfica infravermelha para a série com emulsão asfáltica. A - Corpo de Prova após o ensaio de compressão diametral; B - Corpo de prova durante o ensaio de termografia.

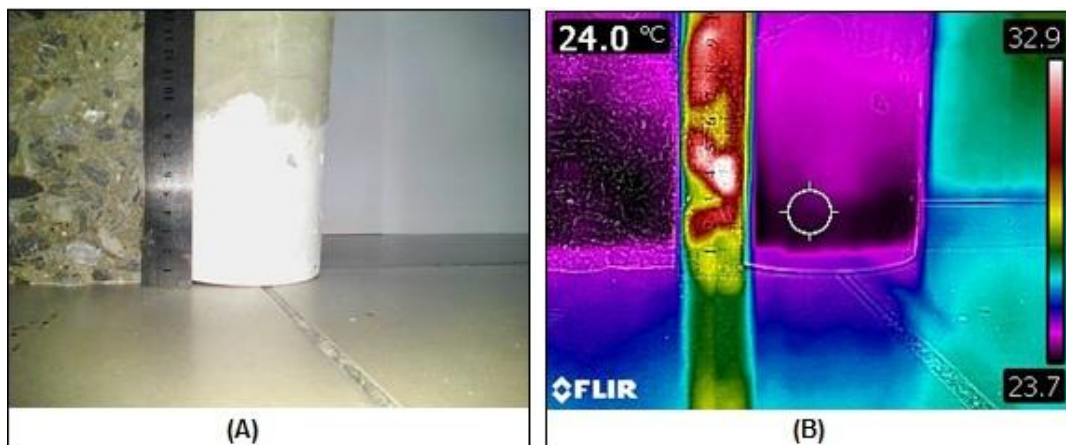


Figura 9. Imagem termográfica infravermelha para a série com membrana acrílica. A - Corpo de Prova após o ensaio de compressão diametral; B - Corpo de prova durante o ensaio de termografia.

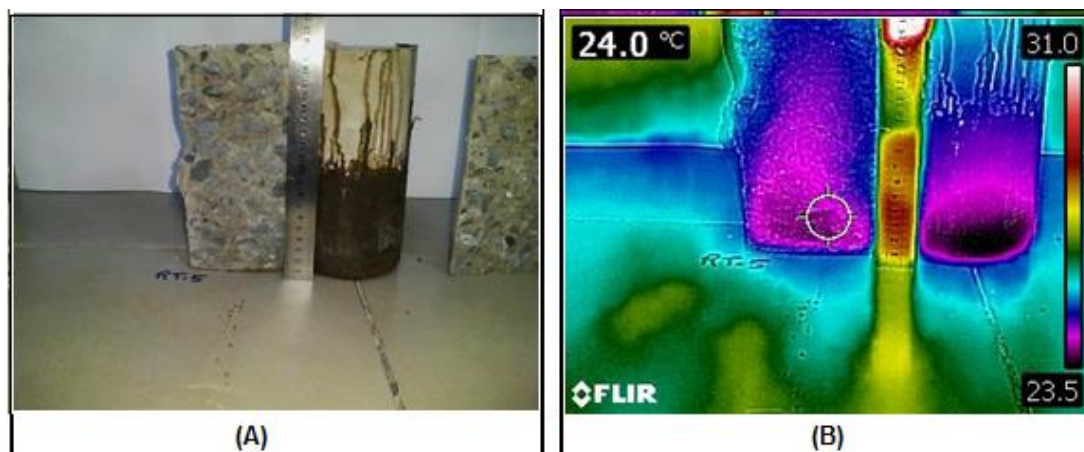


Figura 10. Imagem termográfica infravermelha para a série com resina termoplástica. A - Corpo de Prova após o ensaio de compressão diametral; B - Corpo de prova durante o ensaio de termografia.

O ensaio de termografia indicou, entre as séries impermeabilizadas, o melhor desempenho para a série de emulsão asfáltica, que apresentou a maior temperatura, 24,6 °C. As séries de membrana acrílica e resina termoplástica apresentaram a mesma temperatura, indicando comportamento semelhante, de 24 °C.

Ainda, segundo o exposto na literatura, a variação de 1 °C a 2 °C, é considerada indício de problemas (Cortizo, 2007; Freitas *et al.*, 2014). Assim sendo, a diferença de temperatura observada entre a série referência e as séries impermeabilizadas já é suficiente para apontar melhor desempenhos dessas últimas.

Mesmo que pequena, a diferença observada na variação de temperatura das imagens termográficas estudadas, mostrou-se adequada para a detecção da absorção, uma vez que a análise visual, nos corpos de prova rompidos, confirmou a ascensão capilar. No mais, a respeito da pequena variação, a literatura ainda reporta que variações na ordem de 1°C já são passíveis de identificação de infiltração em elementos de concreto (Maldague, 2001; Merlinho, Matias e Farias, 2015; Lourenço, Matias e Faria, 2017; Rocha, Santos, Oliveira, Albuquerque e Póvoas, 2018).

3.4 Absorção por imersão após envelhecimento acelerado

O ensaio de absorção após o envelhecimento acelerado, apresentado na Figura 11, apresentou redução de absorção para a série referência ao longo do tempo. O resultado era esperado, uma vez que a contínua hidratação do cimento Portland ocasiona o tamponamento dos poros, diminuindo assim a permeabilidade do material (Rossignolo, 2005). Ainda, uma vez que os corpos de prova foram sujeitos ao tempo, cabe destacar a possível influência do fenômeno de carbonatação, que pode ter colaborado para o preenchimento dos poros, por carbonato de cálcio (CaCO_3), e redução da capacidade absorvente do material, como reportado por Ngala e Page (1997). Os resultados de absorção da série referência foram da ordem de 5% na idade inicial para 3% na idade final estudada, confirmando o preenchimento dos poros.

Todas as séries impermeabilizadas apresentaram aos 84 dias absorção inferior a apresentada aos 28 dias, também explicado pela secagem e fixação dos produtos no período. Contudo, a partir dos 140 dias foi possível notar uma inversão comportamental, ou seja, as séries passaram a apresentar absorções maiores se comparada a idade de 28 dias.

Cabe destacar que os três impermeabilizantes aplicados, podiam, segundo seus fabricantes, serem aplicados em locais abertos, como lajes cobertura. Sendo assim, por mais que fossem submetidos a ciclos de molhagem e secagem o desempenho não deveria ter sido impactado. Segundo Silveira e Granato (2013), o sistema impermeabilizante deve ser capaz de suportar todos os tipos de solicitações durante a vida útil, quer sejam de natureza mecânica ou química. Assim sendo, a

escolha do sistema deve sempre levar em consideração as solicitações atuantes, de modo que o material aplicado atenda a demanda proposta.

Os valores obtidos nesse ensaio ainda confirmam o melhor desempenho das séries impermeabilizadas, sendo a média de absorção entre elas, aos 196 dias de 0,52%, contra 3,0% da série referência. Contudo, destaca-se a necessidade de observação de desempenho destes materiais ao longo do tempo, visto que a ineficiência dos mesmos levaria a um prejuízo direto na vida útil das estruturas de concreto. Sendo a proposta do trabalho a avaliação de aplicação dos sistemas em lajes cobertura, espera-se que os sistemas resistam a ação dos raios UV, bem como a solicitação higroscópica de molhagem e secagem constante.

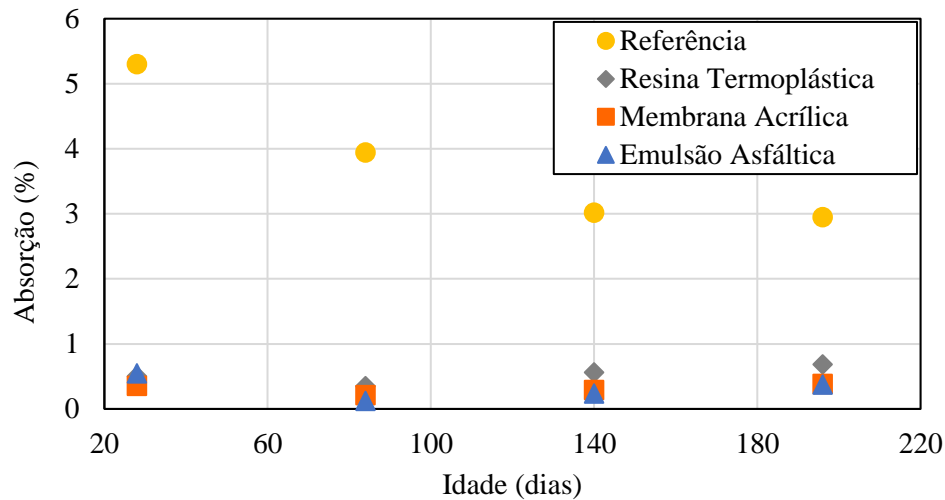


Figura 11. Resultado do ensaio de absorção por imersão após envelhecimento acelerado.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitiram apontar as conclusões listadas a seguir:

- O teste de estanqueidade indicou comportamento semelhante entre todas as séries estudadas, não podendo ser observado, no período indicado pela NBR 15575 (ABNT, 2013), infiltração, percolação ou qualquer outro indício de falha nas três séries observadas;
- O ensaio de absorção por imersão mais uma vez indicou comportamentos semelhantes entre os produtos estudados, contudo, neste caso, foi possível apontar, ao final do ensaio, o melhor desempenho da membrana acrílica, sendo a absorção do material igual a 0,35%;
- O ensaio de absorção por ascensão capilar indicou melhor desempenho para a resina termoplástica, confirmando sua indicação para o uso em rodapés;
- As imagens termográficas auxiliaram na visualização da percolação da água para o interior dos corpos de prova, confirmando o melhor desempenho (temperaturas superiores) para as séries impermeabilizadas;
- Por fim, o envelhecimento acelerado foi sensível para indicar uma mudança comportamental entre as séries impermeabilizadas, contudo, ao final do ensaio o desempenho dessas ainda é muito superior (cerca de 6 vezes) à série referência. Recomenda-se o acompanhamento destes materiais por um período maior de estudo, a fim de verificar a eficiência dos mesmos e confirmar a vida útil desses em serviço.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências brasileiras CNPq, Capes e Fundação Araucária pelo apoio financeiro, a Universidade Federal do Paraná (UFPR), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC), ao Centro Universitário UNIFACEAR e a concreteira NOVAMIX por todo o auxílio dado ao estudo.

6. REFERÊNCIAS

- Aldea, C., Shah, S. P., Karr, A. (1999) “Permeability of cracked concrete” *Materials and Structures*, 32, pp. 370–376. <https://doi.org/10.1007/BF02479629>
- Andrello, J. M., Takagi, E. (2017) “*Debate técnico: impermeabilização in loco*” Construção Mercado - Técnica, PINI.
- Associação Brasileira de normas Técnicas. (2005). *NBR 9685: Emulsão Asfáltica para Impermeabilização*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de normas Técnicas. (2005). *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de normas Técnicas. (2008). *NBR 13321: Membrana acrílica para impermeabilização*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de normas Técnicas. (2010). *NBR 15885: Membrana de Polímero Acrílico com ou sem Cimento para Impermeabilização*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de normas Técnicas. (2012). *NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de normas Técnicas. (2013). *NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho*. Rio de Janeiro.
- Basheer, I., Kropp, J., Cleland, D. J. (2001) “Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review” *Construction and Building Materials*, 15 (2-3), pp. 93– 103. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(00\)00058-1](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(00)00058-1)
- Bauer, E., Vasconcelos, P. H. C., Granato, J. E. (2010) “Sistemas de impermeabilização e isolamento térmico” In: ISAIA, G. C. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia dos materiais*. São Paulo: Ed. IBRACON.
- Cortizo, E. C. (2007) “Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em edificações de Patrimônio Histórico” 178f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Mecânica. Belo Horizonte.
- Freitas, J. G., Carasek, H., Cascudo, O. (2014) “Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura”. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 57-73. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212014000100006>
- Gao, J., Yu, Z., Song, L., Wang, T., Wei, S. (2013) “Durability of concrete exposed to sulfate attack under flexural loading and drying–wetting cycles” *Construction and Building Materials*. v. 39, pp. 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.05.033>
- Gong, J., Cao, J., Wang, Y. (2016) “Effects of sulfate attack and dry-wet circulation on creep of fly-ash slag concrete” *Construction and Building Materials*. v.125, pp.12-20. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.023>
- Jiang, L., Niu, D. (2016) “Study of deterioration of concrete exposed to different types of sulfate solutions under drying-wetting cycles” *Construction and Building Materials*. v. 117, pp. 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.094>

- Lourenço, T., Matias, L., Faria, P. (2017) “*Anomalies Detection in Adhesive Wall Tiling Systems by Infrared Thermography.*” Construction and Building Materials, v. 148, p. 419-428. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.052>
- Maldague, X. (2001) “*Infrared and Thermal Testing: nondestructive testing handbook.*” 3. ed. Columbus, OH: Patrick O. Moore.
- Melrinho, A., Matias, L., Faria, P. (2015). *Detecção de anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço através da termografia de infravermelhos.* Tech ITT by Construlink, 13(37), 29-38. https://run.unl.pt/bitstream/10362/16576/1/RI%20-%20Melrinho%20et%20al_RIT%2037_2015.pdf
- Menezes, M. (2018) “*Influência da umidade do substrato na aderência de sistema de impermeabilização com manta asfáltica aderida à maçarico*” IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 16 p, São Paulo.
- Morgado, J. M., et al. (2018) “*Guia de aplicação da norma de desempenho para impermeabilização. Especificação, aplicação e contratação com foco no atendimento à ABNT 15575/2013*” IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização, Rio de Janeiro.
- Ngala, V. T., Page, C. L. (1997) “*Effects of carbonation on pore structure and diffusional properties of hydrated cement pastes*”. Cement and Concrete Research, V. 27, n.7, pp. 995-1007. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00102-6)
- Pezzolo, V. (2013) “*Conheça os tipos de impermeabilizante*” Equipe Obra Prima, PINI.
- Picchi, F. A. (1986) “*Impermeabilização de coberturas*” Editora Pini, São Paulo.
- Rocha, J. H. A., Santos, C. F. dos, Oliveira, J. B. de, Albuquerque, L. K dos S., Póvoas, Y. V. (2018) “*Detecção de infiltração em áreas inerenas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso*” Ambiente Construído, Porto Alegre, V. 18, n.4, pp. 329-340. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400308>
- Rossignolo, J. A. (2005) “*Avaliação da porosidade e do teor de CH de pastas de cimento Portland com Sílica Ativa e Látex SRB*” Revista Matéria, V.10, n.3, pp. 437-442. <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10654>
- Silveira, M. A., Granato, J. E. (2013) “*Diretrizes de desempenho para produtos de impermeabilização*”. 13º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização.