

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES EM ARGAMASSA E CONCRETOS

Vagner Palmeira Rosa¹, Juliana Machado Casali², Alexandre Lima de Oliveira³

¹ Engenheiro Civil, Florianópolis, Brasil, (vagner.p.rosa@gmail.com)

² Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (juliana.casali@ifsc.edu.br)

³ Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (alexandre@ifsc.edu.br)

Resumo: Avaliou-se o desempenho de quatro aditivos impermeabilizantes em argamassas e concretos através de ensaios de absorção capilar, teor de ar e resistência mecânica. O aditivo 4 reduziu a absorção capilar em ambos os materiais e elevou a resistência à compressão ante a referência. O aditivo 3 teve o pior desempenho, sem melhorias na permeabilidade e com perda de resistência. Conclui-se que a seleção criteriosa do aditivo é decisiva para conciliar estanqueidade e segurança estrutural.

Palavras-chave: Concreto; Aditivos Impermeabilizantes; Capilaridade; Resistência Mecânica.

INTRODUÇÃO

A durabilidade do concreto está diretamente ligada à sua permeabilidade, a qual influencia na resistência à penetração de água e de agentes agressivos, comprometendo a vida útil das estruturas. A água é o principal fluido que afeta a durabilidade do concreto, sendo que a taxa de deterioração está diretamente relacionada à facilidade com que ela penetra no material (Mehta e Monteiro, 2008).

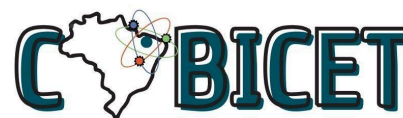
Visando mitigar os efeitos da porosidade natural do concreto, os aditivos impermeabilizantes têm sido amplamente utilizados. Esses aditivos podem ser classificados, de forma geral, em hidrofugantes e cristalizantes, e são incorporados diretamente à massa do concreto com o objetivo de reduzir a absorção capilar e aumentar a estanqueidade (Cadaval *et al.*, 2023). Segundo Moreira (2018), os aditivos atuam formando barreiras físicas ou reestruturando quimicamente os poros do concreto, tornando-o menos suscetível à penetração de água.

A absorção capilar é definida como o processo pelo qual a água penetra nos poros do concreto ou da argamassa por meio da sucção exercida pela rede capilar do material (Barin, 2008). Kropp (1995) *apud* Mendes (2009), reforça que esse é o principal mecanismo de transporte de cloretos em estruturas submetidas a ciclos de molhagem e secagem. Para Mehta e Monteiro (2008), quanto menor o diâmetro dos poros, maior será a sucção, o que torna os materiais com a menor relação água por cimento Portland (a/c) mais suscetíveis a esse fenômeno. No entanto, concretos com relação a/c reduzido, quando associados a adições minerais, tendem a apresentar maior compacidade, reduzindo os efeitos da absorção (Barin, 2008).

De acordo com Cadaval *et al.* (2023), o uso de aditivos hidrofugantes resultou em uma redução de apenas 1,44% na absorção de água, enquanto os aditivos cristalizantes proporcionaram uma redução de 7,83%. Ambos os tipos apresentaram queda significativa na resistência mecânica: 37% para os hidrofugantes e 28% para os cristalizantes. Resultados semelhantes foram observados por Moreira (2018), que verificou redução na resistência à compressão e no módulo de elasticidade com certos aditivos, embora houvesse melhoria na impermeabilidade. Moreira (2018) ainda destaca que os aditivos podem afetar a trabalhabilidade da mistura, exigindo ajustes na dosagem da água.

Por outro lado, Drey e Seidler (2012) verificaram que determinados aditivos podem, inclusive, aumentar a resistência à compressão. No estudo desses autores, o aditivo "A" proporcionou um ganho de aproximadamente 9% em relação ao concreto de referência. No mesmo experimento, observou-se uma redução na absorção de água de 1,02% (corpos de prova de referência) para cerca de 1,01%, indicando ganho de impermeabilidade sem comprometer significativamente as propriedades mecânicas. Lima *et al.* (2025) corroboram que a combinação de aditivos impermeabilizantes com aditivos minerais, como a microsilica e o metacaulim, pode resultar em desempenho superior em relação à resistência mecânica e à durabilidade.

A eficiência dos aditivos na matriz cimentícia depende intrinsecamente de fatores como as condições de aplicação, o traço adotado e a compatibilidade com os demais materiais. Segundo Silva (2011), a incorporação de 1% de aditivo impermeabilizante interno, quando combinada ao



metacaulim, proporciona resultados expressivos na redução da absorção capilar e no aumento da impermeabilidade, sem comprometer a resistência à compressão do material. A autora destaca, ainda, que a otimização da curva granulométrica dos agregados e o correto empacotamento de partículas são fundamentais para potencializar essas propriedades físicas e mecânicas no concreto.

No que tange à eficácia frente à água, Silva (2011) constatou que o coeficiente de absorção capilar de concretos com 1% de aditivo impermeabilizante foi de 8,74 g/m² aos 28 dias, apresentando uma redução significativa quando comparado ao traço de referência, que registrou 14,25 g/m². Essa melhoria no desempenho estendeu-se ao longo do tempo, atingindo a marca de 5,5 g/m² (ou 0,55 g/cm²) aos 91 dias para a mesma composição.

Alinhado a essa perspectiva de ganho de durabilidade por meio da densificação da matriz, Vagheti (2005) registrou um coeficiente de absorção de apenas 5 g/m² em concretos sujeitos à carbonatação, reforçando o papel positivo do adensamento estrutural. Diante desses valores, e tomando como base os parâmetros de Fernando (2005), que classifica concretos com absorção inferior a 18 g/m² como de baixa permeabilidade, evidencia-se o elevado potencial de proteção e o desempenho superior dos traços aditivados e otimizados analisados na literatura.

A absorção de água por imersão é outro parâmetro essencial, pois avalia o volume total de poros do material (Moura, 2000). Valores inferiores a 10% indicam concretos de boa qualidade, entre 10% e 15% qualidade moderada, e superiores a 15% qualidade duvidosa (Rincón *et al.*, 1997). No estudo de Silva (2011), o concreto com aditivo impermeabilizante (AI1%) apresentou absorção por imersão de 9,54% aos 91 dias, contra 5,23% da mistura de referência, indicando que o aditivo não teve efeito desejado nesse quesito.

Quanto à massa específica, Baade (2019) relatou que a argamassa com aditivo impermeabilizante (4%) apresentou massa específica de 2,53 g/cm³ e absorção de água de 1,21%. Essa densidade elevada sugere maior compactação do material aditivado. Esse mesmo autor observou que, à medida que se aumentava o teor de aditivo impermeabilizante (2%, 3% e 4%), havia aumento também da densidade da massa fresca, alcançando valores superiores a 2130 kg/m³.

A incorporação de ar, quando não controlada, pode comprometer a durabilidade do concreto. Segundo Joseph (2023), a adição de 7% de aditivo impermeabilizante gerou teor de ar de até 32,2% na argamassa, resultando em porosidade significativa.

Em contraste, o concreto de referência, sem aditivo, apresentou apenas 2,4% de porosidade. A correlação entre teor de ar e porosidade foi direta e proporcional aos teores de aditivo aplicados.

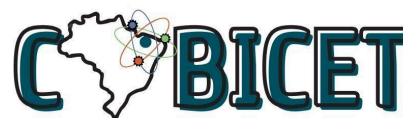
No que diz respeito à eficiência dos aditivos impermeabilizantes, os resultados são variados. Em experimento conduzido por Cechinel *et al.* (2019), o aditivo testado não cumpriu seu objetivo principal, uma vez que houve aumento na absorção de água e redução da resistência à compressão. Já Drey e Seidler (2012) observaram desempenho satisfatório com dois aditivos comerciais, sendo um dos aditivos responsável por uma redução de 0,007% na absorção e aumento de 9% na resistência à compressão.

No estudo de Cadaval (2023), verificou-se que aditivos cristalizantes ofereceram menor índice de absorção por capilaridade em relação aos aditivos hidrofugantes. Entretanto, a relação água por cimento Portland (a/c) demonstrou exercer maior influência sobre a absorção do que o tipo de aditivo. A mesma pesquisa aponta que o aditivo hidrofugante promoveu redução de 8,92% na absorção por capilaridade em concretos com relação a/c igual a 0,55, embora tenha promovido aumento de 1,44% em concretos com a/c igual a 0,45.

Conforme apontado por Joseph (2023), mesmo com aumento na porosidade e teor de ar, o concreto com aditivo impermeabilizante apresentou valores reduzidos de absorção de água quando comparado aos concretos sem aditivo. Isso sugere que, apesar da formação de poros, esses produtos são capazes de obstruir parcialmente a rede capilar. Portanto, a eficácia dos aditivos impermeabilizantes depende diretamente de sua composição química, dosagem adequada, tipo de exposição da estrutura e controle do traço. Seus efeitos sobre massa específica, absorção capilar, teor de ar incorporado e absorção por imersão devem ser avaliados de forma integrada.

Cechinel *et al.* (2019) realizaram um estudo com um produto comercial baseado em nanotecnologia e observaram desempenho insatisfatório quanto à estanqueidade. Além disso, foi constatada redução na resistência à compressão, indicando que nem todos os produtos disponíveis no mercado cumprem efetivamente as propriedades anunciadas. O estudo destaca a necessidade de ensaios laboratoriais específicos para validação do desempenho desses aditivos.

Segundo Reis Junior (2019), a aplicação de aditivos impermeabilizantes pode alterar propriedades no estado fresco e endurecido do concreto. O autor observou que, embora não houvesse ganho de resistência à compressão, houve redução significativa na absorção de água. Isso demonstra que a escolha do tipo de aditivo deve considerar o objetivo final do concreto, seja resistência, estanqueidade ou ambos.



Alves e Bleichvel (2019) estudaram o uso de aditivos em argamassas e apontaram que a adição de 2 a 4% de aditivo impermeabilizante alterou significativamente a resistência à compressão das amostras. Embora o estudo foque em argamassas, ele oferece subsídios importantes para a compreensão do impacto desses produtos também em concretos, já que as bases de composição são semelhantes.

Diante do exposto, este estudo tem por objetivo avaliar o desempenho de quatro aditivos impermeabilizantes em argamassas e concretos, analisando a eficácia na redução da permeabilidade e o impacto na resistência mecânica. Com isso, busca-se fornecer subsídios técnicos que auxiliem na tomada de decisão e na escolha mais adequada dessas soluções na engenharia civil.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente foram separados os materiais para a realização do estudo que foi realizado em duas etapas: argamassa e concreto.

Os materiais utilizados no estudo foram cimento: Cimento Portland de Alta Resistência inicial - CP V ARI - RS, em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 16697 (ABNT, 2018).

Foram selecionados quatro aditivos para estudo em argamassa, sendo eles denominados de Aditivo 1, Aditivo 2, Aditivo 3 e Aditivo 4.

O aditivo 1 consiste em um impermeabilizante hidrofugante líquido, formulado como uma solução aquosa com componentes repelentes à água. Sua incorporação deve ser realizada por meio da adição direta à água de amassamento de concretos e argamassas. É indicado para fundações, pisos, alicerces e paredes sujeitas à umidade, atuando na reação com os produtos de hidratação do cimento para reduzir a permeabilidade capilar, mitigar infiltrações e estender a durabilidade estrutural. Suas características físicas e químicas estão reunidas na Tabela 1.

O aditivo 2 é um produto líquido com dupla ação: hidrofugante e plastificante leve. Sua aplicação é recomendada mediante mistura prévia à água de amassamento, sendo indicado para argamassas de reboco, revestimentos internos de caixas d'água, piscinas, subsolos e muros de arrimo. Esse aditivo atua reduzindo a porosidade e a permeabilidade da matriz, além de otimizar a trabalhabilidade do material no estado fresco. Suas informações técnicas encontram-se dispostas na Tabela 2.

Tabela 1. Características aditivo 1 utilizado

Base química/ Composição	Silicatos
Massa específica (g/cm ³)	1,05
Estado Físico	Líquido
Cor/ aparência	Emulsão pastosa branco
pH	12 a 13
Dosagem recomendada em relação a massa do cimento Portland	4%

Fonte: Fabricantes do Aditivo 1 (2026).

Tabela 2. Características aditivo 2 utilizado

Base química/ Composição	Solução aquosa de silicatos coloidais.
Massa específica (g/cm ³)	1,00
Estado Físico	Líquido
Cor/ aparência	Amarelo cremoso
pH	8,5 a 11,5
Dosagem recomendada em relação a massa do cimento Portland	4%

Fonte: Fabricantes do Aditivo 2 (2026).

O aditivo 3, por sua vez, configura-se como um hidrofugante líquido cuja aplicação ocorre por meio da dissolução na água de amassamento de concretos e argamassas. O fabricante recomenda seu uso em fundações, pisos, alicerces e paredes expostas à umidade. Sua função principal baseia-se na reação com os compostos do cimento Portland para a redução da permeabilidade capilar, prevenção de infiltrações e incremento da durabilidade da estrutura. Os dados técnicos do produto são apresentados na Tabela 3.

Por fim, de acordo com as especificações do fabricante, o aditivo 4 caracteriza-se como um impermeabilizante em pó com ação cristalizante, composto por uma mistura mineral rica em reagentes que ativam a formação de cristais. Diferente dos demais, sua introdução deve ser feita diretamente ao traço seco do concreto ou da argamassa. É ideal para estruturas sujeitas à pressão hidrostática (como tanques, cisternas e lajes), operando através da penetração na rede capilar; ao reagir com a água e com os subprodutos do cimento, gera cristais insolúveis que selam poros e microfissuras. Esse mecanismo confere impermeabilização permanente e

efeito de autocatrizagem (self-healing), reativando-se sempre que houver nova presença de água. Suas características estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3. Características aditivo 3 utilizado

Base química/ Composição	Silicatos
Massa específica (g/cm ³)	1,00
Estado Físico	Líquido
Cor/ aparência	Branco
pH	12 a 13
Dosagem recomendada em relação a massa do cimento Portland	3,6 a 4%

Fonte: Fabricantes do Aditivo 3 (2026).

Tabela 4. Características aditivo 4 utilizado

Base química/ Composição	Dióxido de silício, cimento portland, hidróxido de cálcio e base mineral
Massa específica (g/cm ³)	1,68
Estado Físico	Sólido - Pó
Cor/ aparência	Cinza
pH	9 a 11
Dosagem recomendada em relação a massa do cimento Portland	4 a 8%

Fonte: Fabricantes do Aditivo 4 (2026).

Na etapa de argamassa foi utilizado um agregado miúdo natural na proporção 1:3 (cimento : agregado miúdo) em massa e relação água/ cimento 0,536. O teor de aditivos impermeabilizantes foi atendida conforme prescrito pelos fabricantes. Para os impermeabilizantes líquidos foi utilizado 40ml do aditivo por traço. No caso do aditivo 4, em pó, foi utilizado no traço 40g do aditivo. Em todos os casos atendendo as especificações de cada fabricante.

A mistura foi realizada em uma argamassadeira com capacidade de 5l de laboratório com velocidade 2, conforme o seguinte protocolo: 30 segundos misturando o material a seco (cimento Portland e o agregado miúdo, 30 segundos com adição de água e 1 minuto com o aditivo. Este procedimento foi realizado para cada argamassa.

Após cada ciclo, a argamassa foi avaliada no estado fresco, onde determinou-se o índice de consistência

(NBR 13276; ABNT, 2016), a densidade de massa e o teor de ar incorporado (NBR 13278; ABNT, 2005). Também foram moldados corpos de prova prismáticos para ensaios de resistência à tração na flexão e compressão (NBR 13279; ABNT, 2005) aos 28 dias. Os corpos de prova permaneceram nos moldes durante sete dias após a moldagem e depois a cura foi realizada ao ar.

Aos 14 dias foi avaliada a absorção de água por capilaridade. O aparato experimental consistiu em um recipiente selado contendo um espelho de água, onde os corpos de prova foram dispostos. Um sistema de gotejamento foi implementado e calibrado para manter o volume de água constante dentro do recipiente ao longo de todo o período do ensaio, garantindo que o espelho de água estivesse sempre em contato com a base dos corpos de prova, sem submergi-los completamente.

Inicialmente, a massa seca de cada corpo de prova foi determinada com precisão de 0,01 g (massa inicial, m₀). Em seguida, os corpos de prova foram posicionados no recipiente, de forma que apenas uma de suas bases (4x4 cm) estivesse em contato com o espelho d' água.

Em intervalos de tempo predeterminados de 5 minutos, 30 minutos, 90 minutos, 24 horas, 48 horas, 76 horas e 100 horas, os corpos de prova foram removidos individualmente do recipiente, secos superficialmente com um pano úmido para remover o excesso de água externa e imediatamente pesados para determinar sua massa em um dado tempo (m(t)). Este procedimento foi seguido para minimizar a evaporação da água absorvida durante as pesagens.

A partir dos resultados obtidos foi obtido o coeficiente de capilaridade. O coeficiente de capilaridade, A(t), em g/cm², foi calculado para cada corpo de prova em cada intervalo de tempo, sendo a massa de água absorvida dividido pela área de contato de medição, conforme a norma NBR 15259 (ABNT, 2005).

Após o estudo de argamassa foi selecionado o aditivo com melhor desempenho na etapa de argamassa, aditivo 4, para o estudo em concreto.

Os materiais utilizados na preparação do concreto, como cimento Portland e o agregado miúdo, foram o mesmo do estudo em argamassa, isto é: cimento Portland Alta Resistência Inicial - CPV ARI - RS - em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 16697 (ABNT, 2018) e o agregado miúdo foi uma areia natural média. Já para concreto empregou-se o agregado graúdo (Brita 1 - 9,5 a 19mm de diâmetro. O traço utilizado foi de 1: 2: 2: 0,5 (cimento Portland: agregado miúdo: brita 1: água). A proporção dos impermeabilizantes foi atendida conforme prescrito pelos fabricantes. Foram

preparados dois traços de concreto, um de referência chamado de sem aditivos e outro com o aditivo 4. com o melhor desempenho, conforme já mencionado.

A mistura de concreto foi realizada em betoneira de eixo inclinado e seguiu o seguinte procedimento: mistura seca durante 30 segundos, mais 30 segundos com adição de água, mais 1 minuto com adição do aditivo e por fim uma mistura geral por 2 minutos.

Primeiramente foi avaliada a consistência do concreto (*slump test*) conforme a NBR 16889 (ABNT, 2020) e a massa específica do estado fresco.

Em seguida foram moldados corpos de prova de concreto cilíndrico de (10 x 20) cm, conforme a norma NBR 5738 (ABNT, 2016). Os corpos de prova foram submetidos a um período de cura adequado e condicionados em ambiente de laboratório até a idade de ensaio, 14 e 28 dias.

Antes da determinação da resistência à compressão, conforme a norma NBR 5739 (ABNT, 2018), os corpos de prova cilíndricos foram retificados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados obtidos para a argamassa, o índice de consistência (*flow table*) é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Medidas do índice de consistência.

Argamassa	Índice de Consistência (mm)
Sem Aditivo	198,5
Aditivo 1	195,0
Aditivo 2	202,5
Aditivo 3	230,0
Aditivo 4	182,5

Fonte: Autores (2026)

Observa-se na Tabela 5 que a mistura com o aditivo 3 demonstrou o maior índice (230 mm), o que sugere uma maior fluidez em comparação com os demais. Em contraste, com o uso do aditivo 4 foi observado o menor valor (182,5 mm). Isso já era esperado, pois esse aditivo era o único em pó, sendo maior área superficial com a mesma quantidade de relação água/cimento. Estes dados permitiram observar a variação na característica de fluidez entre os impermeabilizantes. Cabe ressaltar que o fabricante do aditivo 2 aponta como aditivo líquido com dupla ação (hidrofugante e plastificante leve), sendo o índice de consistência levemente superior à argamassa sem aditivo, não sendo observada o aumento representativo de plasticidade da argamassa com seu uso.

Os resultados de densidade de massa apresentados na Figura 1 demonstram que a argamassa contendo o aditivo 4 apresentou o maior valor, atingindo 2,11 g/cm³. Em contrapartida, a formulação com o aditivo 3 registrou a menor densidade de massa, igual a 1,97 g/cm³. Esses resultados sugerem que o aditivo 4 promoveu uma maior compactação da mistura no estado fresco, o que está associado ao menor teor de ar incorporado observado na Tabela 6. Por outro lado, o aditivo 3 apresentou comportamento inverso, resultando em maior incorporação de ar (Tabela 6) e, consequentemente, menor densidade de massa da argamassa.

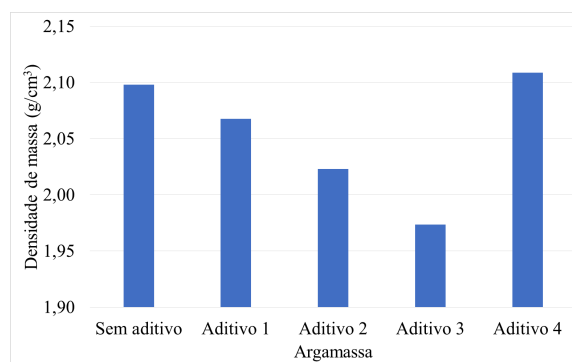


Figura 1. Densidade de massa das argamassas

Fonte: Autores (2026)

Tabela 6. Teor de ar incorporado das argamassas analisadas.

Argamassa	Teor de ar incorporado (%)
Sem Aditivo	6,76
Aditivo 1	6,76
Aditivo 2	9,78
Aditivo 3	12,29
Aditivo 4	6,29

Fonte: Autores (2026)

Observa-se, na Tabela 6, que o aditivo 3 apresentou o maior teor de ar incorporado entre as formulações avaliadas. Esse comportamento pode influenciar diretamente a porosidade da matriz cimentícia e, consequentemente, reduzir a resistência à compressão. Tal tendência também foi reportada por Joseph (2023), que associou elevados teores de ar incorporado à diminuição da densidade de massa e à redução do desempenho mecânico dos compósitos cimentícios. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que o aumento do teor de ar incorporado promovido pelo aditivo 3 pode ter contribuído para a menor densidade de massa e para a redução da resistência à compressão observadas neste estudo.

O coeficiente de absorção capilar das argamassa é apresentado na Figura 2.

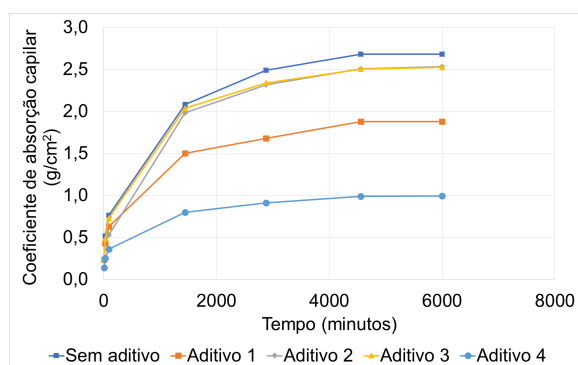


Figura 2. Coeficiente de absorção capilar (g/cm^2) versus tempo das argamassas estudadas
Fonte: Autores (2026)

Observa-se, na Figura 2, um aumento progressivo da absorção de água por capilaridade em todas as amostras ao longo do período de ensaio. Destaca-se que o aditivo 4 apresentou o menor coeficiente de absorção capilar médio. Em contrapartida, as amostras contendo os aditivos 2 e 3 exibiram coeficientes equivalentes ao da referência (sem aditivo). Esse comportamento evidencia a falta de eficácia dessas duas soluções comerciais na redução da absorção capilar, contrariando a sua função primordial de impermeabilização.

Por outro lado, o desempenho obtido com o aditivo 4 corrobora a hipótese de que a utilização de aditivos impermeabilizantes adequadamente formulados pode promover uma redução significativa da absorção capilar em matrizes cimentícias. Esse comportamento é consistente com os resultados reportados na literatura. Silva (2011) observou reduções expressivas na absorção de água por capilaridade em sistemas contendo agentes impermeabilizantes, enquanto Moreira (2018) atribuiu esse efeito à modificação da estrutura porosa do material, decorrente de alterações físicas e químicas que reduzem a conectividade dos poros. Dessa forma, a menor capilaridade verificada para o aditivo 4 pode estar associada à sua capacidade de promover o refinamento da rede porosa, contribuindo para a mitigação da permeabilidade e para a melhoria da durabilidade da matriz cimentícia.

Os resultados obtidos do desempenho mecânico das argamassas com impermeabilizantes podem ser observado na Figura 3.

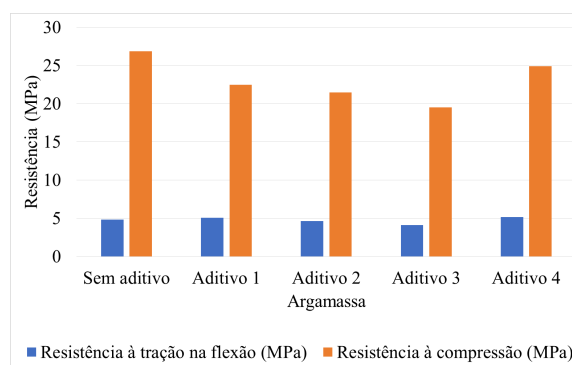


Figura 3. Resistência à tração na flexão e resistência à compressão das argamassas estudadas
Fonte: Autores (2025)

Observa-se, na Figura 3, que a incorporação dos aditivos impermeabilizantes promoveu uma redução tanto da resistência à tração na flexão quanto da resistência à compressão das argamassas em comparação à mistura de referência. Entretanto, o aditivo 4 apresentou o melhor desempenho mecânico entre os produtos avaliados, com valores mais próximos aos obtidos para a referência. Por outro lado, o aditivo 3 apresentou o comportamento menos favorável, ocasionando reduções mais expressivas nas propriedades mecânicas e resultando nos menores valores de resistência à tração na flexão e à compressão observados no estudo.

Com base nos ensaios realizados em argamassas e na análise comparativa do desempenho dos diferentes aditivos impermeabilizantes, o aditivo 4 foi selecionado para dar continuidade aos estudos em matrizes de concreto. Os valores obtidos de consistência (*Slump Test*) e de massa específica dos concretos, no traço de referência e com a incorporação do aditivo selecionado, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Medidas de consistência e massa específica no estado fresco dos concretos avaliados.

Concreto	Consistência (mm)	Massa específica estado fresco (kg/m^3)
Sem Aditivo	170	2851,68
Aditivo 4	155	2858,05

Fonte: Autores (2026)

Os resultados apresentados na Tabela 7 demonstram que a incorporação do aditivo 4 promoveu uma redução do valor de consistência do concreto, isto é, menos fluida. Esse comportamento pode ser atribuído à granulometria do material, uma vez que a introdução de partículas finas aumenta a área superficial específica da mistura, elevando a demanda de água para o recobrimento das partículas e reduzindo a quantidade de água livre disponível para proporcionar fluidez. Por outro lado, as massas

específicas no estado fresco permaneceram estatisticamente equivalentes às da mistura de referência, indicando que a adição do produto não alterou significativamente o grau de empacotamento das partículas nem a densidade da mistura.

A absorção total dos concretos aos 7 dias é apresentada na Figura 4. De modo geral, os concretos contendo o aditivo 4 apresentaram menores valores de absorção em comparação ao concreto de referência, com exceção de apenas duas amostras. Esses resultados evidenciam que, sob as condições de submersão avaliadas, os corpos de prova produzidos com o aditivo absorveram menor quantidade de água, indicando uma redução da permeabilidade da matriz cimentícia e um potencial aumento da sua durabilidade.

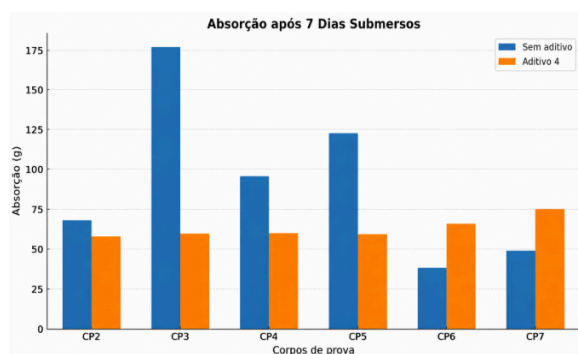


Figura 4. Absorção (g) de água submersos 7 dias
Fonte: Autores (2025).

Em relação aos resultados do coeficiente de absorção de água por capilaridade (Figura 5), verificou-se que o traço de referência, sem a incorporação de aditivo, apresentou valores superiores de absorção em todos os intervalos de medição quando comparado ao concreto contendo o aditivo 4. Esses resultados evidenciam que os benefícios observados anteriormente nas argamassas também se manifestaram nos concretos, confirmando a eficácia do aditivo na redução do transporte de água por capilaridade.

Entretanto, a magnitude das diferenças entre as misturas foi menos pronunciada no concreto do que na argamassa. Esse comportamento pode estar associado à presença dos agregados graúdos, que atuam como descontinuidades físicas na matriz cimentícia, interrompendo parcialmente a conectividade da rede de poros capilares e reduzindo a influência do aditivo sobre os mecanismos de transporte de água. Resultados semelhantes foram reportados por Cadaval et al. (2023), que observaram reduções de permeabilidade mais expressivas em argamassas do que em concretos contendo aditivos cristalizantes, atribuindo esse efeito às diferenças microestruturais entre os dois materiais.

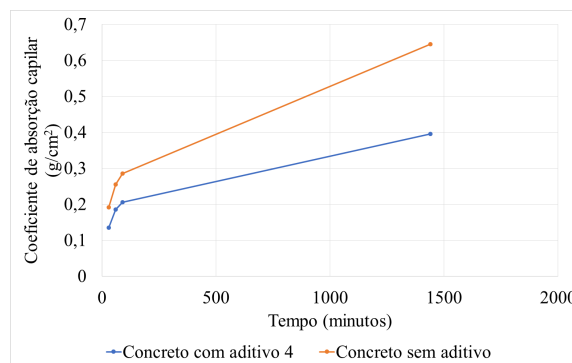


Figura 5. Valores do coeficiente de absorção de capilaridade médio dos concretos avaliados

Fonte: Autores (2026)

O desempenho mecânico dos concretos indicou que, aos 14 dias de idade (Figura 6), as amostras contendo o aditivo 4 apresentaram resistências à compressão superiores às obtidas para o traço de referência. Adicionalmente, observou-se uma evolução positiva da resistência à compressão entre 14 e 28 dias para todas as séries avaliadas, evidenciando a continuidade dos processos de hidratação e o consequente desenvolvimento da matriz cimentícia ao longo do tempo.

Os resultados obtidos corroboram os achados de Drey e Seidler (2012), que também verificaram incrementos na resistência à compressão em concretos contendo aditivos impermeabilizantes. Da mesma forma, estão alinhados às conclusões de Lima et al. (2025), que destacam a compatibilidade entre aditivos impermeabilizantes e adições minerais como uma estratégia eficaz para aprimorar simultaneamente as propriedades mecânicas e a durabilidade dos materiais cimentícios. Esses resultados sugerem que o aditivo 4, além de contribuir para a redução da permeabilidade, não comprometeu o desempenho mecânico do concreto, podendo inclusive favorecer o ganho de resistência ao longo do período de cura avaliado.

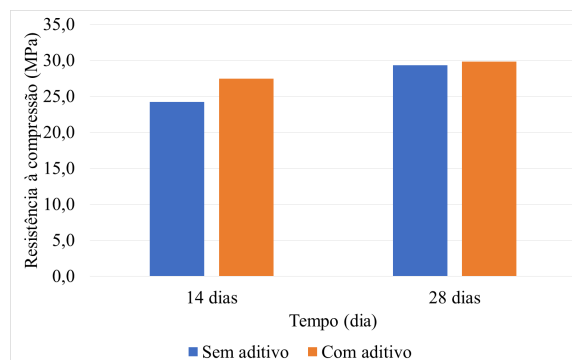


Figura 6. Valores do coeficiente de absorção de capilaridade médio dos concretos avaliados

Fonte: Autores (2026)

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a incorporação de aditivos impermeabilizantes modifica a consistência, além das propriedades físicas e mecânicas, evidenciando que a eficiência dessas soluções depende diretamente de sua formulação química. Na etapa de triagem em argamassas, o aditivo 4 destacou-se pelo equilíbrio técnico entre a redução da absorção capilar e a manutenção da integridade mecânica, contrapondo-se ao desempenho deletério do aditivo 3. Essa tendência positiva validou a sua seleção para a fase subsequente em concretos, na qual o aditivo 4 confirmou sua eficácia ao diminuir o coeficiente de capilaridade, promovendo o refinamento e a obstrução da rede de poros sem penalizar a resistência à compressão média, que se manteve superior ou equivalente ao traço de referência.

Do ponto de vista prático, os resultados oferecem subsídios científicos consistentes para a tomada de decisão na engenharia civil, indicando o aditivo 4 como uma solução técnica viável e segura para aumentar a estanqueidade de estruturas severamente expostas à umidade, como fundações, reservatórios e elementos sujeitos a ciclos de molhagem e secagem. Contudo, a introdução do agregado graúdo na matriz de concreto atenuou a magnitude da redução da permeabilidade quando comparada ao sistema de argamassa, o que reitera a necessidade de compreender a fundo o efeito de parede e a continuidade capilar nesses compósitos.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pela concessão da infraestrutura laboratorial necessária para a realização dos ensaios e estendem o reconhecimento aos colegas e técnicos de laboratório que auxiliaram no desenvolvimento experimental desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 16697**: Cimento Portland — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16889**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

- ALVES, M.; BLEICHVEL, N. C. Comparação entre Argamassa Convencional e Argamassa com Aditivo Impermeabilizante. **Revista Ignis**, v. 8, n. 2, p. 54-79, 2019.

- BAADE, J. A influência de aditivo impermeabilizante na resistência e absorção de argamassas. **Revista Ignis**, v.8, n.2, p.54-79, 2019.

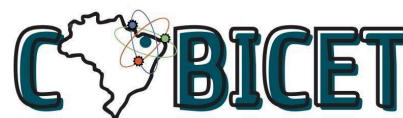
- BARIN, D. A. **Concreto de cimento Portland com adições minerais: estudo das propriedades mecânicas e da durabilidade**. 2008.

- CADAVAL, F. S. et al. Avaliação de Propriedades Físicas e Mecânicas de Concretos Produzidos com a Utilização de Diferentes Impermeabilizantes. **Revista Científica de Tecnologia**, v. 9, 2023.

- CECHINEL, M. et al. Estudo da Influência de Aditivo Impermeabilizante em Concreto Armado. **Anais...** In: VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, 2019.

- DREY, D. F.; SEIDLER, N. Efeitos dos Aditivos Impermeabilizantes no Concreto. **Anais**. In: II Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica, URI, 2012.

- FERNANDO, C. M. **Estudo da absorção capilar em concretos de alta resistência**. Dissertação (Mestrado) – UFRGS, 2005.



- LIMA, E. M. A. et al. Incorporação de Microssilica, Metacaulim e Aditivo Impermeabilizante na Produção de Concretos de Cimento Portland: Influência nas Propriedades Mecânicas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 6, p. 3763-3766, 2025.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.
- MENDES, J. J. **Influência da carbonatação na difusão de cloretos no concreto**. Dissertação (Mestrado) – UFRGS, 2009.
- MOREIRA, A. C. F. **Estudo de Aditivos Impermeabilizantes no Comportamento do Concreto**. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil).
- REIS JUNIOR, W. R. dos. **Análise dos Parâmetros de Resistência, Absorção e Slump do Concreto com o Uso de Aditivo Impermeabilizante/Plastificante**. Campo Mourão: UTFPR, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil).
- RINCÓN, A. R. et al. **Avaliação da durabilidade de concretos**. IBRACON, 1997.
- SILVA, P. R. da. **Influência de Aditivos Minerais e Aditivo Impermeabilizante Interno no Desempenho de Telhas Protendidas Pré-Fabricadas em Concreto**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- VAGHETTI, M. **Estudo da corrosão do aço por carbonatação do concreto**. Dissertação (Mestrado) – UFRGS, 2005.