XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8765

Impacto das condições de preparo e da formulação nas propriedades de argamassas de revestimento

Impact of preparation conditions and formulation on the properties of rendering mortars

Daniel Thomaz Farina
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | danielfarina31@gmail.com
José Maria de Moura Junior
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | jmmj@poli.br
Leonardo Marquezan
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | leomarquezan@outlook.com
Angela Borges Masuero
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | angela.masuero@ufrgs.br
Denise Carpena Coitinho Dal Molin
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | dmolin@ufrgs.br

Resumo

A incorporação de diferentes adições e aditivos químicos à composição de argamassas gera dúvidas quanto à forma como esses materiais impactam as características do revestimento. Esta pesquisa visou avaliar comparativamente as propriedades físico-mecânicas de cinco argamassas de revestimento com diferentes formulações, métodos de preparo e índices de consistência equivalentes. Os materiais foram caracterizados no estado fresco e submetidos às avaliações no estado endurecido aos 28 dias. Os resultados indicaram superioridade mecânica da argamassa industrializada, que apresentou as maiores resistências e rigidez. Em contrapartida, a composição com TiO_2 indicou valores mecânicos inferiores, possivelmente relacionados à elevada demanda de água desta formulação. Ao final, concluiu-se que a seleção prática das argamassas deve considerar o balanço entre resistência e deformabilidade, pois a elevada rigidez, associada à alta resistência, pode ser desfavorável ao desempenho do revestimento.

Palavras-chave: Composição da argamassa. Aditivo cristalizante. Dióxido de titânio. Argamassa pré-dosada. Propriedades físicas.

Abstract

The incorporation of different additions and chemical admixtures into mortars raises questions about their impact on rendering properties. This study comparatively evaluated the fresh and 28-day hardened physico-mechanical properties of five rendering mortars with different formulations and preparation conditions but equivalent consistency. The ready-mixed mortar showed mechanical superiority, yielding the highest strengths and stiffness. Conversely, the TiO_2 formulation presented lower mechanical values, likely due to its high-water demand. Ultimately, selecting mortars requires balancing strength and deformability, as excessive stiffness and strength can be detrimental to rendering performance.

Keywords: Mortars composition. Crystallizing admixtures. Titanium dioxide. Ready-mixed mortar. Physical properties.

Como citar:
FARINA, D. T.; MOURA Jr., J. M.; MARQUEZAN, L.; MASUERO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. Impacto das condições de preparo e da formulação nas propriedades de argamassas de revestimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8765

INTRODUÇÃO

Os sistemas de revestimento desempenham um papel essencial na estética, no desempenho e na durabilidade das edificações [1]. Historicamente, o uso de argamassas convencionais (dosadas *in loco*) apresenta desafios crônicos de padronização, resultando em maior variabilidade de propriedades e propensão à ocorrência de manifestações patológicas [2].

Nesse contexto, visando melhorar tecnicamente os processos construtivos, a construção civil passou a utilizar materiais com maior controle tecnológico, como materiais cimentícios aditivados com agentes cristalizantes, argamassas pré-dosadas a seco (industrializadas) e argamassas de hidratação controlada (AHC).

Em geral, cada um desses materiais é capaz de oferecer benefícios específicos. As pré-dosadas, por exemplo, podem propiciar maior produtividade e melhor controle tecnológico no canteiro de obras, devido ao extenso tempo de uso e ao formato de produção e distribuição dessas [3][4][5]. Já as argamassas formuladas com aditivos cristalizantes proporcionam maior estanqueidade à umidade, uma vez que a formação de cristais insolúveis bloqueia a rede capilar e preenche microfissuras, ampliando a vida útil dos revestimentos [6]. Ademais, existe ainda a possibilidade de agregar propriedades autolimpantes às argamassas com a incorporação de nanopartículas de dióxido de titânio (TiO_2) em sua formulação, especialmente em fachadas de edificações urbanas sujeitas à poluição atmosférica [7][8].

Apesar dos diversos benefícios citados, ressalta-se que existem alguns desafios associados a cada tipo de argamassa. A elevada área superficial do TiO_2 aumenta a demanda por água e pode comprometer as propriedades mecânicas da argamassa [9][10]; os efeitos da incorporação de agentes cristalizantes ainda apresentam algumas divergências na literatura [11]; e o controle de recebimento e uso das argamassas pré-dosadas carece de regulamentações técnicas.

Diante da vasta gama de formulações disponíveis no mercado construtivo e da escassez de pesquisas que apliquem os critérios normalizados de classificação da NBR 13281-1 [12] de forma comparativa, o presente estudo – que faz parte da pesquisa de Farina (2025) [13] – avaliou as propriedades de cinco diferentes tipos de argamassas de revestimento.

Para isso, cinco composições de argamassa com diferentes condições de formulações, preparo e fornecimento, porém com índices de consistência em mesa de abatimento equivalentes (260 ± 20 mm), foram submetidas a ensaios físico-mecânicos nos estados fresco e endurecido, visando verificar e comparar as características técnicas desses materiais.

PROGRAMA EXPERIMENTAL

MATERIAIS

Para o desenvolvimento da pesquisa, avaliaram-se cinco formulações de argamassa: três dosadas em laboratório (convencional, com aditivo cristalizante e com TiO_2) e duas de origem comercial (pré-dosadas a seco e de hidratação controlada).

As formulações laboratoriais adotaram a proporção volumétrica 1:1:6 (cimento: cal: areia) para a referência (traço comumente empregado em canteiros de obras [14]). Utilizou-se cimento Portland composto (CP II-Z 40) com massa específica (ρ) de 3,08 g/cm³, cal hidratada tipo CH-I (ρ = 2,31 g/cm³) e areia quartzosa natural (ρ = 2,56 g/cm³) com módulo de finura de 2,33. As proporções dos constituintes utilizados na preparação das matrizes cimentícias, bem como os parâmetros de consistência inicial obtidos para cada mistura, encontram-se sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1: Composição sintética e parâmetros de trabalhabilidade das argamassas avaliadas

Parâmetro	Convencional	Cristalizante	TiO_2	Industri-alizada	AHC
Traço – volume	1:1:6	1:1:6	1:1:6	-	-
Traço – massa	1:0,62:11,5	1:0,62:11,5	1:0,62:11,5	-	-
Relação água/ materiais secos	0,16	0,17	0,12	0,14	-
Índice de consistência (mm)	253,3	276,7	250,0	254,0	270,0

Fonte: os autores.

Quanto às modificações de composição, em uma das misturas base incorporou-se o aditivo cristalizante comercial (ρ = 2,69 g/cm³) na proporção de 2% em relação à massa de cimento. Conforme informações do fabricante, o aditivo é composto por cimento Portland (65 a 80%), além de compostos à base de hidróxidos de cálcio e magnésio e outros componentes protegidos por segredo industrial. Na outra, adicionaram-se nanopartículas de dióxido de titânio (P25) com diâmetro médio de partícula de 21 nm, área superficial específica de 50 ± 15 m²/g e massa específica de 4,18 g/cm³, na proporção de 10% em relação à massa de cimento (as partículas desse foram previamente dispersas na água de amassamento para garantir a desaglomeração).

Em paralelo, visando promover representatividade mercadológica, as argamassas pré-dosadas (ensacada e AHC) foram obtidas de fabricantes locais, preservando-se as dosagens originais dos materiais. A argamassa pré-dosada seca (ensacada, obtida de fabricante local e indicada para revestimento e assentamento) apresentou massa específica anidra de 2,73 g/cm³, verificada em laboratório. A AHC foi entregue pronta para utilização, com tempo de uso previsto de 36 horas, composta por cimento CP II-F 40, areia natural, aditivos (controlador de hidratação, incorporador de ar e retentor de água) e microfibras de polipropileno (informações fornecidas pelo fabricante).

MÉTODOS

A produção das argamassas em laboratório ocorreu em ambiente com temperatura controlada, seguindo procedimento adaptado de Silva (2021) [14]. As moldagens foram realizadas em um misturador de eixo vertical com capacidade de 180 litros (potência de 1 CV e 24 rpm), conforme o seguinte protocolo de mistura:

- adição inicial dos materiais secos e 30 segundos de homogeneização;
- adição da água de amassamento em 30 segundos, seguida de 60 segundos de mistura;
- pausa de 30 segundos para a remoção da argamassa aderida às paredes do misturador;
- homogeneização final por mais 60 segundos.

Para padronizar a finalidade de aplicação (revestimento) a todas as composições avaliadas, as argamassas formuladas em laboratório foram ajustadas através da relação água/ligantes para apresentar um índice de consistência alvo de 260 ± 20 mm, medido na mesa de consistência [15].

Nas formulações de origem comercial, a argamassa industrializada de revestimento foi hidratada conforme as recomendações do fabricante (140 ml de água por quilograma de material seco), adotando-se, todavia, o mesmo protocolo de mistura das argamassas de laboratório. A composição da AHC de revestimento não sofreu nenhum tipo de alteração, sendo apenas estocada em um contêiner plástico impermeável. O uso e avaliação desta argamassa ocorreu imediatamente após a entrega do material em laboratório, cerca de 1 hora após a saída do caminhão-betoneira da usina fornecedora, logo no início da janela de uso especificada para o material.

AVALIAÇÕES

Visando verificar e estabelecer comparações entre as diferentes formulações de argamassas de revestimento, estas foram submetidas a avaliações no estado fresco (imediatamente após a moldagem ou o recebimento dos materiais) e no endurecido, aos 28 dias de cura. Os ensaios executados, o número de amostras e as respectivas normativas utilizadas para embasar os procedimentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Ensaios técnicos empregados para avaliar as argamassas de revestimento

Avaliação	Número de amostras	Referência técnica
Densidade de massa[1]	1	NBR 13278 [16]
Teor de ar incorporado[1]	1	NBR 13278 [16]
Índice de consistência por mesa de abatimento[1]	3	NBR 13276 [15]
Índice de consistência por penetração de cone[1]	1	ASTM C 780-25 [17]
Densidade de massa aparente[2]	3	NBR 13280 [18]
Módulo de elasticidade dinâmico[2]	3	NBR 15630 [19]
Resistência mecânica à tração na flexão e à compressão[2]	3	NBR 13279 [20]
Índice de absorção de água por capilaridade[2]	6	NBR 13281-1 [12]

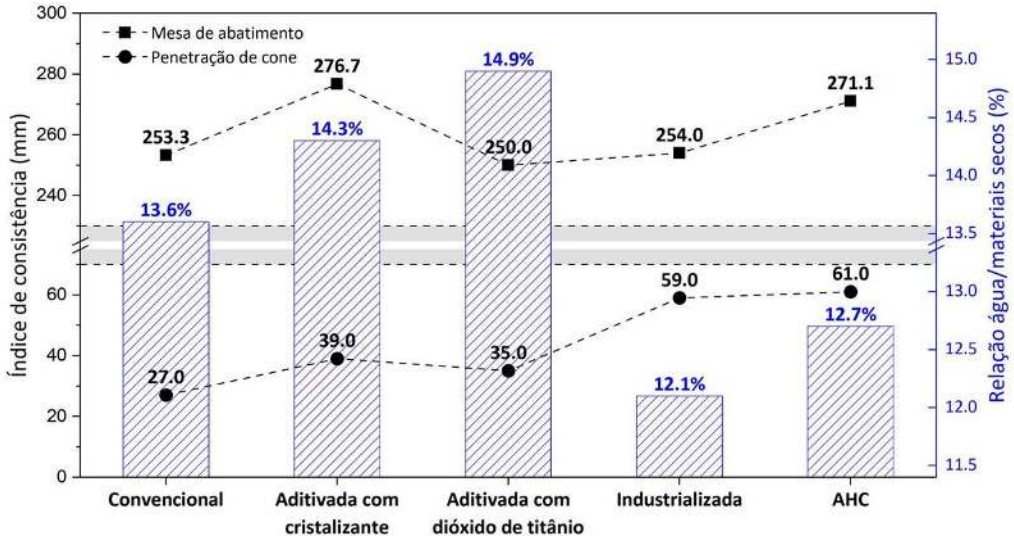
Nota: [1] Executada no estado fresco; [2] Executada no estado endurecido. Fonte: os autores.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

AVALIAÇÕES NO ESTADO FRESCO

A manutenção do espalhamento fixo de 260 ± 20 mm exigiu teores de água distintos para cada formulação (Figura 1).

Figura 1: Índices de consistência e relação água/materiais secos das argamassas



Fonte: os autores.

Apesar da similaridade na mesa de consistência, o ensaio de penetração de cone evidenciou maior plasticidade nas argamassas pré-dosadas, comportamento justificado pela ação dos aditivos incorporadores de ar [22]. Essa divergência ocorre, pois, a penetração de cone correlaciona-se à tensão de escoamento do material, enquanto o espalhamento mede a viscosidade interna, parâmetro que acaba sendo alterado devido à presença de bolhas de ar aprisionadas [23][24].

Adicionalmente, a maior relação água/materiais secos da argamassa com cristalizante (0,17) em comparação à industrializada (0,14), somada à tendência da estrutura

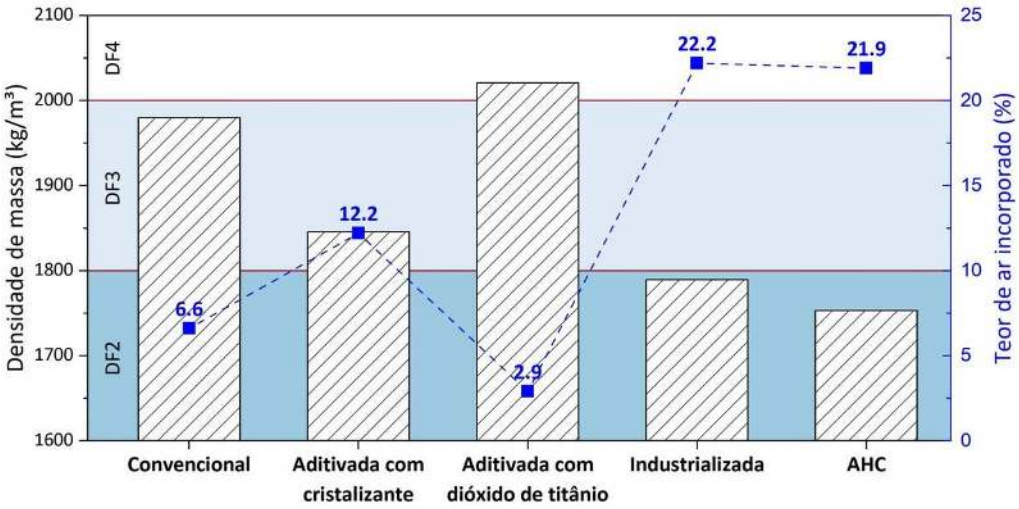
aerada das pré-dosadas de absorver a energia dos impactos da mesa, contribui para explicar o maior espalhamento do cristalizante mesmo com menor teor de ar incorporado [23].

O maior espalhamento verificado na argamassa com TiO_2, em relação à pré-dosada, torna essa "manipulação" do índice de consistência – determinado pela mesa de abatimento – por conta do conteúdo de teor de ar incorporado, ainda mais relevante.

Por outro lado, a elevada área superficial específica das nanopartículas de TiO_2 e do aditivo cristalizante aumentou a demanda hídrica das misturas laboratoriais para atingir a consistência alvo. Embora esse ajuste atenda às premissas de trabalhabilidade do estudo, o maior consumo de água pode ter impactado negativamente o desenvolvimento de algumas propriedades no estado endurecido.

Por fim, a densidade de massa e o teor de ar incorporado confirmaram uma tendência inversamente proporcional (Figura 2). Como esperado, as argamassas pré-dosadas registraram os maiores volumes de ar (superiores a 21%) e menores densidades. Em contrapartida, as misturas dosadas em laboratório apresentaram maior compacidade, com destaque para a formulação com TiO_2, que registrou a maior massa específica do estudo e foi enquadrada na classe superior de densidade (DF4) [12].

Figura 2: Densidade de massa e teor de ar incorporado no estado fresco



Nota: DF2, DF3 e DF4 são zonas de classificação de densidade de massa, segundo a NBR 1381-1 [12].
Fonte: os autores.

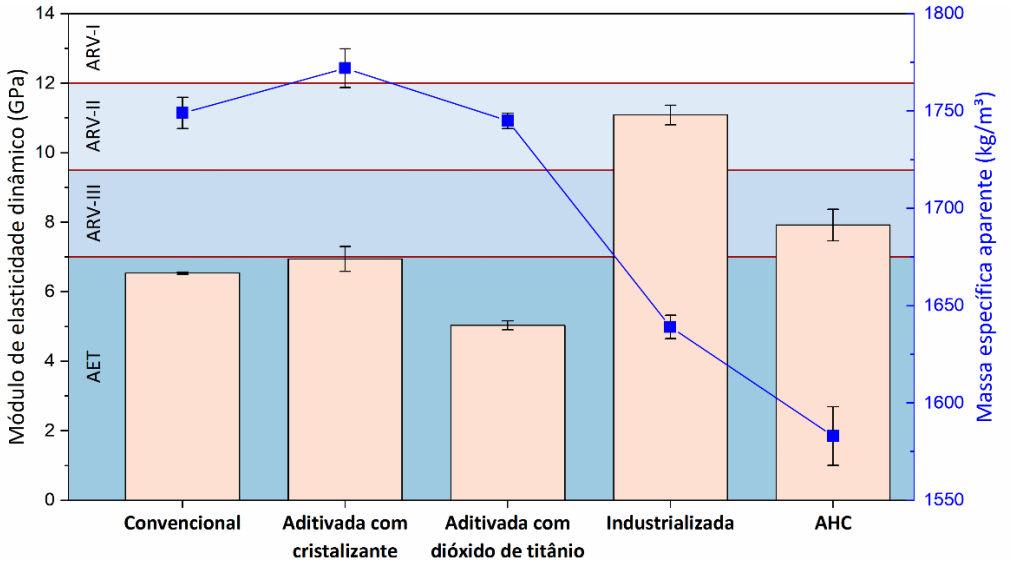
DENSIDADE DE MASSA APARENTE E RIGIDEZ

Os resultados das avaliações de densidade de massa aparente e de módulo de elasticidade dinâmico (E_d), no estado endurecido, são apresentados na Figura 3. Observa-se que as argamassas pré-dosadas (industrializada e AHC), as quais adicionam aditivos incorporadores de ar em suas composições a fim de otimizar a trabalhabilidade frente à demanda de água [3], apresentaram os menores valores de densidade de massa aparente (1639 kg/m³ e 1583 kg/m³, respectivamente), devido à maior porosidade inerente dessas formulações.

Em contrapartida, verificou-se que estes registraram módulos E_d superiores às das demais argamassas, indicando maior rigidez. Uma vez que essa propriedade também

é influenciada pelas características físicas dos agregados [25], pode-se inferir que as pré-dosadas apresentam melhor distribuição granulométrica – dadas as condições industrializadas de dosagem – o que contribui para justificar este comportamento.

Figura 3: Determinação do módulo de elasticidade e da massa específica aparente



Fonte: os autores.

As argamassas convencionais, com aditivo cristalizante e com dióxido de titânio registraram as maiores densidades (variando de 1745 a 1772 kg/m³), sendo estas estatisticamente semelhantes entre si, segundo o teste *post-hoc* de Tukey. Nas avaliações de elasticidade dinâmica, entretanto, essas argamassas de maior densidade apresentaram os menores valores de módulo E_d, indicando baixa rigidez e maior capacidade de absorver tensões de deformação, comportamento que deve ter sido favorecido devido à presença de cal na matriz dessas misturas [26].

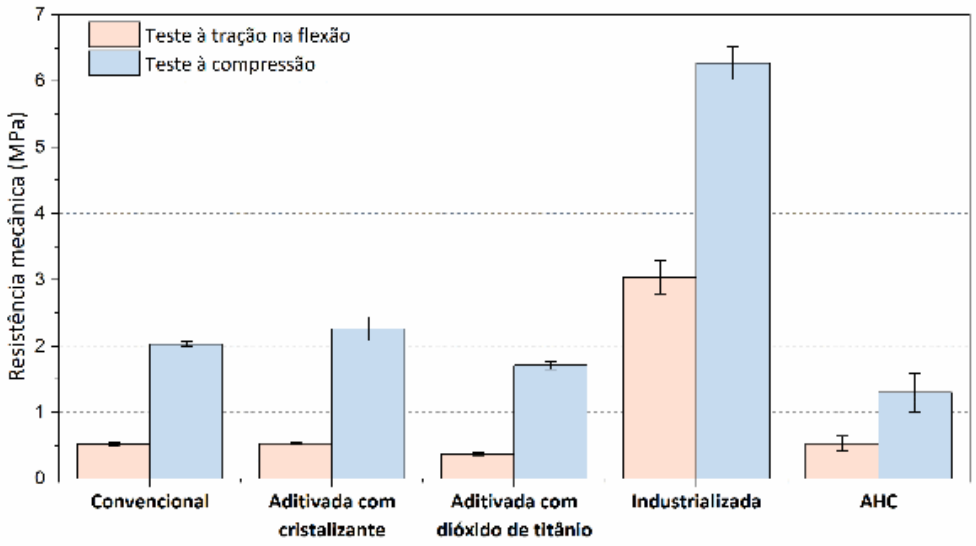
Com base nos critérios classificatórios da NBR 13281-1 [12], propostos para a avaliação do módulo E_d, as três argamassas formuladas em laboratório foram classificadas como "AET" (argamassa de emboço técnico), podendo ser aplicadas como primeira camada de revestimento em qualquer situação de uso. A AHC foi classificada como ARV-III e poderia ser utilizada no revestimento de edificações com altura superior a 60 m. Por fim, a industrializada foi classificada como ARV-II e só poderia ser empregada em edificações com altura inferior a 60 m.

RESISTÊNCIAS MECÂNICAS

A avaliação do comportamento mecânico das argamassas no estado endurecido revelou diferentes tendências, associadas à composição, à demanda de água e ao uso de diferentes aditivos em cada um dos sistemas formulados (Figura 4).

A argamassa industrializada destacou-se com os maiores valores médios tanto para a resistência à tração na flexão (3,04 MPa) quanto para a resistência à compressão (6,27 MPa). Esse desempenho mecânico superior está relacionado à formulação industrial otimizada desse produto, que assegura melhor empacotamento das partículas e menor relação água/materiais secos [27].

Figura 4: Determinações de resistências mecânicas



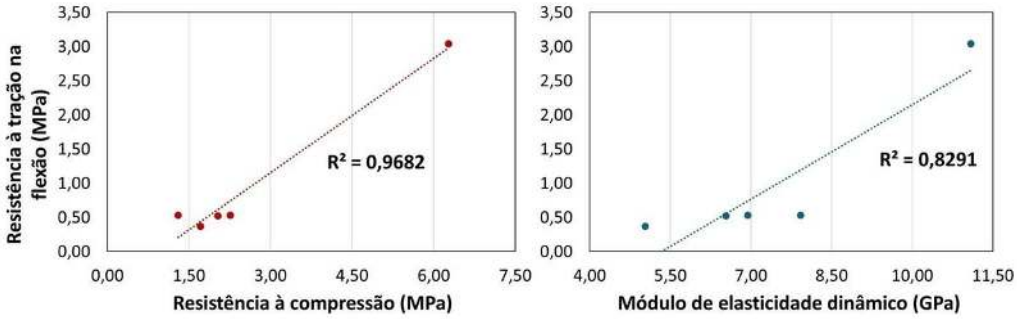
Fonte: os autores.

Por outro lado, as argamassas convencional, com aditivo cristalizante e de hidratação controlada (AHC) apresentaram resistências à tração na flexão intermediárias (aproximadamente 0,53 MPa) e estatisticamente semelhantes entre si (teste de *post-hoc*). Em relação à resistência à compressão desse grupo de argamassas, nota-se que a formulação com cristalizante apresentou leve superioridade frente às demais, possivelmente justificada pela formação de estruturas cristalinas insolúveis nos poros capilares, com consequente densificação da matriz [6].

A argamassa aditivada com TiO_2 registrou a menor resistência à tração na flexão (0,37 MPa) e um baixo desempenho mecânico à compressão (1,71 MPa). Esse comportamento pode estar relacionado ao elevado consumo hídrico necessário para formular essa composição com trabalhabilidade adequada, demandado devido à grande área superficial apresentada pelas nanopartículas [10].

A correlação linear das propriedades mecânicas de tração na flexão versus as de compressão das argamassas indicou elevado índice (R^2 > 96%), com tendência diretamente proporcional (Figura 5 à esquerda). Na comparação com as determinações de módulo de elasticidade dinâmico (E_d), os resultados de tração na flexão apresentaram um maior nível de correlação linear com R^2 superior a 82%. Essa observação converge para a orientação atualizada da NBR 13281-1 [12] de priorizar a caracterização dessas propriedades em detrimento da resistência mecânica à compressão, uma vez que estas representam de maneira mais abrangente a capacidade do revestimento de suportar tensões tangenciais e de acompanhar as deformações do substrato sem fissurar.

Figura 5: Relação da resistência à tração na flexão versus à compressão (à esquerda). Relação da resistência à tração na flexão versus o módulo de elasticidade dinâmico (à direita).

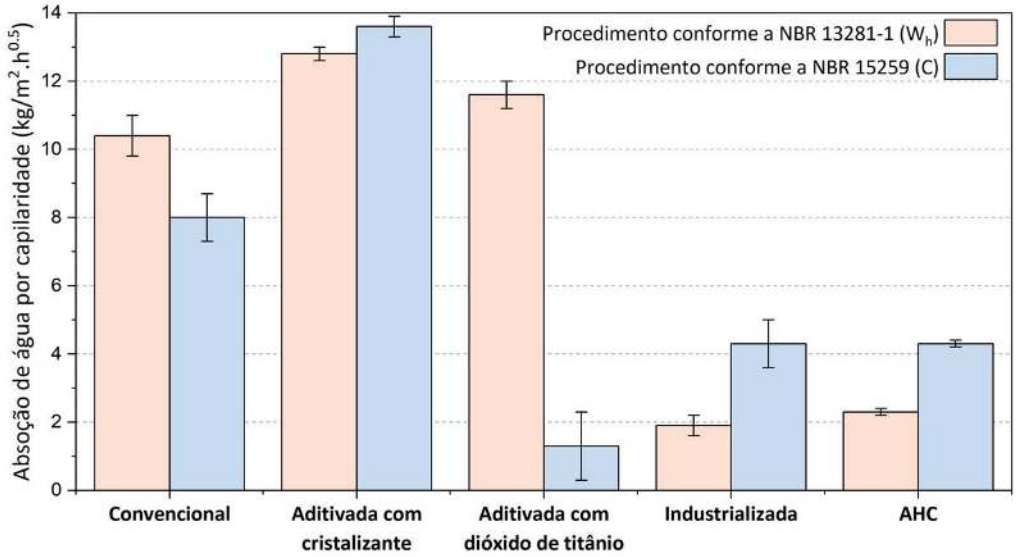


Fonte: os autores.

ABSORÇÃO CAPILAR DE ÁGUA

A avaliação do transporte de água por capilaridade (Figura 6) evidenciou comportamentos distintos entre as misturas e divergências significativas na determinação dos coeficientes C [21] e W_h [12]. Independentemente da metodologia empregada, as argamassas pré-dosadas (industrializada e AHC) apresentaram os menores coeficientes de absorção. Comportamentos semelhantes foram relatados na avaliação de AHCs [24] e, possivelmente se justificam devido à ação dos aditivos tensoativos que geram uma rede de poros com baixa conectividade, restringindo a ascensão capilar [28].

Figura 6: Determinação do índice de absorção de água por capilaridade por diferentes procedimentos técnicos



Fonte: os autores.

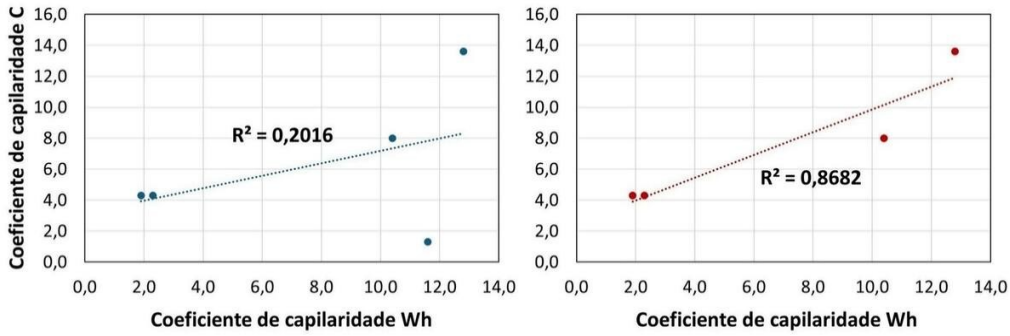
Em contrapartida, as argamassas formuladas em laboratório registraram os maiores índices de absorção por sucção capilar, com destaque para os elevados valores apresentados pela composição com aditivo cristalizante. Ao avaliarem argamassas modificadas com esses aditivos, Granneman *et al*. (2018) [29] não observaram influência significativa dos modificadores no grau de absorção de água das composições após 28 dias de cura.

Neste contexto, os altos índices de absorção (W_h e C) identificados neste estudo podem sugerir que apenas 28 dias de cura não proporcionam tempo suficiente para a formação de uma rede de cristais insolúveis densa o bastante para obstruir a percolação da umidade. Além disso, a maior demanda e consumo de água dessa composição constituem fatores críticos que também podem justificar, em parte, os comportamentos verificados, tais como os maiores índices de capilaridade em relação às demais argamassas produzidas em laboratório.

Na comparação metodológica, a correlação entre os coeficientes C e W_h mostrou-se inicialmente fraca e sem tendência generalizável (Figura 7, à esquerda). Contudo, ao excluir o comportamento atípico da argamassa com TiO_2 (que apresentou um índice W_h oito vezes superior ao C), a relação linear entre os métodos tornou-se forte e diretamente proporcional (R^2 > 86%).

Essa divergência reflete as diferentes janelas temporais dos dois métodos: o coeficiente C, determinado entre 10 e 90 minutos [21], captura apenas a fase inicial de absorção, enquanto o Wh, medido em 24 horas [12], integra o processo completo. Para a argamassa com TiO_2, cuja elevada demanda hídrica de amassamento sugere uma rede porosa mais desenvolvida, essa distinção temporal torna-se expressiva, explicando a magnitude da diferença entre os dois coeficientes.

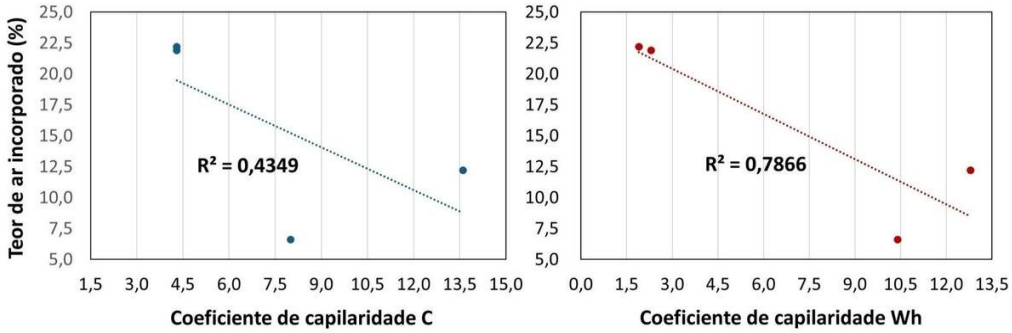
Figura 7: Relação dos coeficientes de absorção capilar C versus os W_h (à esquerda). Relação dos coeficientes de absorção, excluindo a argamassa com TiO_2 (à direita).



Fonte: os autores.

Adicionalmente, ao cruzar o teor de ar incorporado verificado no estado fresco com as avaliações capilares (excluindo a formulação fotocatalítica), observou-se uma forte correlação linear negativa com o índice W_h (R^2 > 79%), em oposição a uma relação muito fraca com o coeficiente C (~43%) (Figura 8). Essas observações atestam que a sucção capilar depende de maneira direta do volume de ar aprisionado.

Figura 8: Relação dos teores de ar incorporado das argamassas versus os coeficientes de absorção capilar C (à esquerda); e versus os coeficientes de absorção capilar W_h (à direita)



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação comparativa evidenciou que a argamassa industrializada apresenta alta resistência mecânica; todavia, quando acompanhada de elevada rigidez, essa característica pode comprometer o desempenho do revestimento frente a movimentações. Tal análise reforça a necessidade de priorizar o equilíbrio entre resistência e deformabilidade, premissa corroborada pela forte relação linear observada entre a resistência à tração na flexão e o módulo de elasticidade dinâmico das argamassas.

Por sua vez, visualizou-se que argamassas formuladas com adições, como nanopartículas de TiO_2, e aditivos cristalizantes, podem exigir elevado consumo hídrico para a manutenção de uma trabalhabilidade equivalente. Essa compensação pode prejudicar o desempenho mecânico final do material, demandando otimizações no proporcionamento de agregados e no controle de dosagem dessas argamassas.

Quanto ao transporte hídrico, destaca-se que a atuação de aditivos tensoativos, nas argamassas pré-dosadas, pode ter restringido a conectividade dos poros, reduzindo significativamente a sucção capilar dessas. Em contrapartida, o período inicial de 28 dias pode ser insuficiente para que a composição com aditivo cristalizante forme uma microestrutura densa o bastante capaz de bloquear a passagem de umidade.

Metodologicamente, o coeficiente de capilaridade W_h demonstrou ser mais sensível e adequado do que o C, uma vez que conseguiu apresentar forte correlação linear com outros parâmetros de caracterização das argamassas de revestimento, como o teor de ar incorporado.

Em suma, ao avaliar formulações de argamassas com diferentes condições de preparo, sob um mesmo índice de consistência, o estudo comprova que pode não existir um tipo de argamassa universalmente superior em todas as propriedades. Diferentes composições valorizam características distintas. Dessa forma, a especificação técnica de um revestimento deve ir além de análises isoladas, exigindo uma compreensão holística das interações entre composição, trabalhabilidade e o balanço entre resistência, capacidade de deformação e permeabilidade dos materiais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] PEDERNEIRAS, C. M.; VEIGA, M. do R.; BRITO, J. de. Fissuração de argamassas devido à retração restringida imposta pelo suporte: influência de resíduos de fibras naturais. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS, 5., 2024, Lisboa. **Atas** [...] Lisboa: CERIS, 2024.

[2] RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015.

[3] BAUER, E.; *et al*. Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 11., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

[4] SCHANKOSKI, R. A.; PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; PILAR, R. Influência do tipo de argamassa e suas propriedades do estado fresco nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos. **Matéria**, v. 20, n. 4, p. 1008–1023, 2015.

[5] CASALI, J. M. *et al*. Influência do tipo de cimento Portland e da quantidade de água nas propriedades das argamassas estabilizadas no estado fresco. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 285-304, 2018.

[6] JANTSCH, A. C. A. *et al*. Avaliação do comportamento de revestimentos em argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 81-99, 2020.

[7] LUCAS, S. S.; FERREIRA, V. M.; BARROSO DE AGUIAR, J. L. Incorporation of Titanium dioxide nanoparticles in mortars – influence of microstructure in the hardened state Properties and photocatalytic activity. **Cement and Concrete Research**, Amsterdam, v. 43, p. 112-120, 2013.

[8] BERSCH, J. D. **Atividade fotocatalítica e autolimpeza de argamassas pigmentadas contendo dióxido de titânio (TiO_2)**. 2021. 244 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

[9] BEHLING, V. S.; SOARES, L. G.; KUNST, S. R.; TELES, R. M.; MAUS, K. L. D.; CARONE, C. L. P.; ARNOLD, D. C. M. Revisão de literatura sob a perspectiva da análise sistemática de argamassas autolimpantes. **Revista Delos**, v. 18, n. 69, p. e5795, 2025.

[10] POZO-ANTONIO, J. S.; DIONÍSIO, A. Physical-mechanical properties of mortars with addition of TiO_2 nanoparticles. **Construction and Building Materials**, v. 148, p. 261-272, 2017.

[11] HODUL, J. *et al*. Influence of crystallization admixture on mechanical parameters and microstructure of polymer-cement mortars with waste limestone. **Solid State Phenomena**, v. 296, p. 27-34, 2019.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281-1**: Argamassas inorgânicas - Requisitos e métodos de ensaios – Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro, 2023.

[13] FARINA, D. T. **Avaliação comparativa de argamassas de revestimento com composições distintas**. 2025. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025.

[14] SILVA, T. S. M. **A influência do teor de ar incorporado no processo de estabilização de argamassas**. 2021. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

[15] _____(ABNT). **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[16] _____(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.

[17] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **C780-25a**: Standard test method for preconstruction and construction evaluation of mortars for plain and reinforced unit masonry. Annual Book of ASTM Standards, v. 04-05, p. 1-17, 2025.

[18] _____(ABNT). **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

[19] _____(ABNT). **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2009.

[20] _____(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.

[21] _____(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, 2005.

[22] ROMANO, R. C. O. **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil.** 2013. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

[23] BAUER, E.; SOUSA, J. G. G.; GUIMARÃES, E. A. Estudo da consistência de argamassas pelo método de penetração estática de cone. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6., 2015, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis: ANTAC, 2005.

[24] MARQUEZAN, L.; PAGNUSSAT, D. T.; MASUERO, A. B. Influence of storage time on the properties of controlled hydration mortars. **Ambiente Construído**, v. 25, p. e149941, 2025.

[25] SANTOS, C. C. *et al*. Efeitos da forma e do módulo de elasticidade dos agregados graúdos, dos parâmetros de dosagem e suas interações sobre o módulo de elasticidade do concreto. **Matéria**, v. 27, 2022.

[26] SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

[27] RODRIGUES FILHO, H. **Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados a critérios de emprego e utilização**. 2013. 198 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2013.

[28] TORRES, D. R. *et al*. Impacto da rota de incorporação de ar nas propriedades de materiais formulados com cimento Portland. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 141-152, 2014.

[29] GRANNEMAN, S. J. C. *et al*. Characterization of lime mortar additivated with crystallization modifiers. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 12, n. 5, p. 849-858, 2018.