XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

INFLUÊNCIA DE FIBRAS DE CELULOSE NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE HIDRATAÇÃO CONTROLADA PARA FACHADAS

Influence of cellulose fibers on the properties of mortar with controlled hydration for façades

DANIEL ROTILLI BRUGALI[1], EDIMARA CASAGRANDE[2], RENATA MONTE[3]
[1] Mestrando, Universidade de São Paulo, danielrbrugali@gmail.com
[2] Mestranda, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, edimara.casagrande@live.com
[3] Profª. Drª., Universidade de São Paulo, renata.monte@usp.br

RESUMO
Argamassas de revestimento são fundamentais para assegurar a durabilidade e a funcionalidade das fachadas. O crescente uso de argamassas de hidratação controlada enfatiza a importância de estudos que aprofundem o conhecimento dessa tecnologia. Nesse contexto, o presente estudo investiga a influência de três teores de fibras de celulose nas propriedades do estado fresco, considerando intervalos de 6 e 24 horas após a produção. Os resultados demonstram que a incorporação das fibras aprimora o comportamento reológico e a manutenção das propriedades, especialmente para maiores dosagens. Assim, as fibras de celulose constituem uma alternativa promissora para aprimorar as argamassas de hidratação controlada.

Palavras-chave: Argamassa de hidratação controlada. Fibras de celulose. Propriedades no estado fresco.

ABSTRACT
Rendering mortars are essential to ensure the durability and functionality of building façades. The increasing use of mortar with controlled hydration highlights the importance of in-depth studies on this technology. In this context, the present study investigates the influence of three different dosages of cellulose fibers on fresh-state properties, considering the time intervals of 6 and 24 hours after production. The results reveal that incorporating fibers improves the rheological behaviour and the maintenance of properties, particularly in mixes with higher dosages. Thus, the cellulose fibers represent a promising alternative for enhancing stabilized mortars.

Key-words: Mortar with controlled hydration. Cellulose fibers. Fresh state properties.

Como citar:
BRUGALI, D. R.; CASAGRANDE, E.; MONTE, R. Influência de fibras de celulose nas propriedades de argamassas de hidratação controlada para fachadas. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025

INTRODUÇÃO

A utilização de argamassas industrializadas, especialmente as de hidratação controlada, também conhecidas como estabilizadas, tem conquistado expressivo espaço no mercado brasileiro devido a diversos fatores, destacando-se a complexidade enfrentada pelas construtoras na produção e controle de argamassas em canteiro de obras. O crescimento do mercado desse material e a preocupação com o seu comportamento levou a recente publicação, em dezembro de 2024, da primeira norma para as argamassas de hidratação controlada a NBR 17218 [1]. Essa norma estabelece procedimentos para a coleta, transporte, recebimento e homogeneização desse material para a realização de ensaios de caracterização e controle tecnológico. Além dessa norma específica para argamassa de hidratação controlada (AHC), a recente atualização da NBR 13281-1 [2] demostra a preocupação em estabelecer requisitos mais rigorosos para argamassas, principalmente aquelas destinadas a fachadas. Este cenário tem levado construtoras a terceirizar parte do processo, como dosagem e mistura, permitindo que empresas especializadas forneçam o material pronto para uso diretamente no canteiro de obras.

Um dos principais diferenciais das argamassas de hidratação controlada é seu prazo prolongado de utilização, geralmente entre 36 e 72 horas. Segundo Recena, estas argamassas são compostas principalmente por cimento Portland, agregados miúdos, aditivos incorporadores de ar e inibidores de hidratação [3]. Sua composição pode incluir ainda outros aglomerantes, como cal hidratada e adições como fibras de celulose.

Embora os requisitos para o estado fresco da NBR 13281-1 [2] sejam orientativos, não exigindo atendimento obrigatório, estas propriedades influenciam diretamente a qualidade do produto final. As argamassas de revestimento necessitam apresentar facilidade de aplicação em obra, seja manual, com colher de pedreiro, ou mecanizada, com equipamentos de projeção [4]. Carasek [4] ressalta que uma trabalhabilidade inadequada pode comprometer propriedades como adesão inicial, capacidade de retenção na parede e até mesmo características no estado endurecido, como a resistência de aderência. Cardoso [5] complementa destacando a importância do comportamento no estado fresco "[...] para possibilitar uma moldagem fácil e isenta de defeitos, minimizando a ocorrência de patologia nos revestimentos após endurecimento (fissuras, descolamento e manchas) [...]".

Neste contexto do estudo, as fibras de celulose são incorporadas como aditivo para aprimorar as propriedades no estado fresco das argamassas, especialmente seu comportamento reológico. Estes benefícios já foram observados em estudos brasileiros, como demonstrado por Pescarolo [6], que identificou efeitos positivos na trabalhabilidade, plasticidade, homogeneidade de cura e retração plástica.

A fibra de celulose é um aditivo atualmente utilizado em produtos químicos para construção civil no mercado já há um bom tempo, entre as aplicações as argamassas [8]. Este material, proveniente de fontes renováveis como a madeira, pode ser obtido diretamente da polpa de celulose ou de subprodutos da indústria de papel e celulose [7].

A utilização de fibras de celulose contribui ainda para a sustentabilidade nas construções, por serem provenientes de fontes renováveis. Estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV),

avaliando da extração ao beneficiamento, demonstram que sua utilização pode reduzir significativamente as emissões de CO_2 [8].

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência das diferentes dosagens de fibras de celulose, 0,5 kg/m³, 1,0 kg/m³ e 5,4 kg/m³, nas propriedades no estado fresco das argamassas de hidratação controlada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fibra selecionada para este estudo apresenta comprimento médio de 400 µm, largura média de 45 µm, teor de celulose de aproximadamente 80% e coloração acinzentada, conforme dados da ficha técnica do produto. Apesar do comprimento reduzido, que confere aparência de pó ao material, sua morfologia fibrosa pode ser observada por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), como demonstrado na Figura 1 (a) e (b).

Figura 1 – Morfologia da fibra de celulose no MEV (a) e Fibra de celulose utilizada (b).



Fonte: JRS – J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO KG [9].



Fonte: Os autores (2025).

Para avaliar as propriedades das argamassas de hidratação controlada com diferentes teores de fibras de celulose, utilizou-se como referência um traço comercial específico para revestimentos de fachadas com tempo de utilização de até 36 horas, coletado diretamente na usina do fornecedor. A argamassa coletada foi armazenada em sacos plásticos e baldes. A partir deste traço base (T1), foram preparadas duas outras composições em laboratório, adicionando-se diferentes teores de fibra de celulose (T2 e T3). Por questões de confidencialidade, a formulação completa não foi disponibilizada pelo fornecedor, sendo informado apenas que o traço base contém 0,5 kg/m³ de fibra de celulose. Nos traços T2 e T3 foram adicionados, respectivamente, 1,0 kg/m³ e 5,4 kg/m³ de fibras, já considerando o teor inicial. A seleção destes teores foi recomendada pelo fabricante das fibras, pois as dosagens de 0,5 e 1,0 kg/m³ são as adotadas pelos clientes em aplicações no Brasil e a dosagem de 5,4 kg/m³ é a dosagem que o fabricante recomenda na Europa. Cabe ressaltar que não houve alteração na quantidade de água, aglomerante e outros materiais nos traços com a adição das fibras.

A homogeneização de cada traço foi realizada com uma argamassadeira horizontal durante 5 minutos, incluindo o tempo de mistura após a adição das fibras nos traços T2 e T3. Devido à natureza da argamassa de hidratação controlada, foram estabelecidos dois momentos distintos de avaliação: o primeiro no dia da coleta e o segundo após estabilização. As avaliações foram realizadas aproximadamente com 6 horas e 24 horas após a produção, sendo que no segundo momento foi realizado o procedimento de estabilização conforme recomendações do fabricante. Este procedimento consiste na aplicação de uma lâmina de água de aproximadamente um centímetro sobre a argamassa, que é removida antes da utilização no dia seguinte. Esta metodologia reproduz uma situação comum nos canteiros de obra, permitindo avaliar a capacidade da argamassa em manter suas propriedades durante o tempo de utilização.

Os ensaios no estado fresco foram selecionados considerando parcialmente os requisitos orientativos da NBR 13281-1 [2], incluindo densidade de massa e teor de ar incorporado, conforme NBR 13278 [10]. Complementarmente, foram realizados ensaios de índice de consistência (NBR 13276) [11] e caracterização reológica pelo método squeeze-flow (NBR 15839) [12].

ANÁLISES DE RESULTADOS

Nos tópicos abaixo serão apresentados os resultados obtidos e as análises.

ENSAIOS DE ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA, TEOR DE AR INCORPORADO E DENSIDADE DE MASSA

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos ensaios realizados para as diferentes composições e tempos de utilização

Tabela 1 – Resultados no estado fresco as argamassas em função do tempo de uso e consumo de fibra de celulose.

Traço	Consumo Fibra	Tempo de utilização	Índice de Consistência (mm)	Teor de Ar Incorporado (%)	Densidade de massa (kg/m³)
T1	0,5 kg/m³	6 h	327	18,1%	1812
		24 h	298	16,3%	1853
T2	1,0 kg/m³	6 h	302	18,3%	1808
		24 h	306	16,6%	1847
T3	5,4 kg/m³	6 h	297	23,6%	1691
		24 h	275	20,7%	1756

Fonte: Os autores (2025).

A análise inicial das argamassas, realizada com avaliação visual e manipulação com colher de pedreiro, indicou boa trabalhabilidade em todas as composições. Comparativamente, observou-se que a adição de fibras nos traços T2 e T3 conferiu à argamassa características de maior maciez e leveza durante a manipulação. Essa alteração deve-se ao aumento no teor de ar incorporado com o aumento do teor de fibras de celulose, especialmente para o maior teor de fibras. Por outro lado, o índice de consistência reduziu com o aumento do teor de fibras indicando maior consistência das argamassas.

Na avaliação do índice de consistência inicial, verificou-se que a incorporação de fibras nos traços T2 e T3 provocou uma redução significativa nos resultados em comparação ao T1, com diminuição de aproximadamente 9% para ambas as composições. Esta redução era esperada devido às características próprias da fibra de celulose.

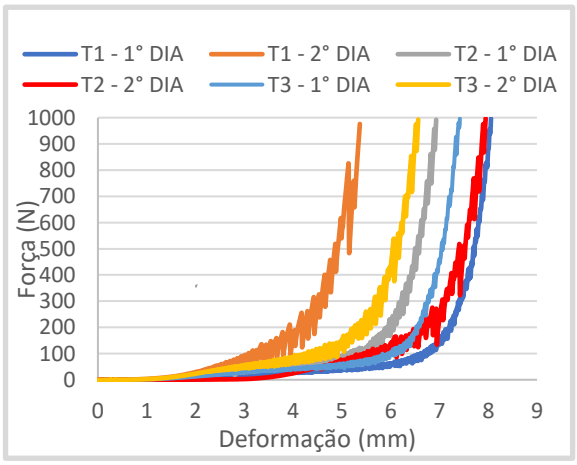
Quanto ao teor de ar incorporado e densidade de massa inicial, os traços T1 e T2 apresentaram valores similares, mantendo-se em aproximadamente 18% e 1810 kg/m³, respectivamente. Já o T3 apresentou um aumento expressivo no teor de ar incorporado, atingindo 23,6%, com consequente redução na densidade de massa. Este comportamento pode influenciar positivamente as propriedades no estado fresco, melhorando a facilidade de aplicação, porém pode impactar negativamente o desempenho no estado endurecido, caso não seja adequadamente considerado no projeto da mistura. O aumento do teor de ar no T3 pode ser atribuído à capacidade das fibras em promover o aprisionamento de ar na matriz, devido à formação de uma estrutura tridimensional na argamassa, corroborando com os resultados obtidos por Pescarolo [6].

Na análise comparativa das propriedades entre 6 e 24 horas, o traço T1 apresentou redução significativa no índice de consistência (aproximadamente 9%) e no teor de ar incorporado (redução de 2 pontos percentuais, atingindo 16,28%), resultando em aumento da densidade de massa. O traço T2, por sua vez, demonstrou melhor manutenção do índice de consistência, mantendo valores próximos aos iniciais, embora tenha apresentado redução similar ao T1 no teor de ar incorporado. Para o T3, observou-se redução de aproximadamente 7% no índice de consistência e diminuição de 3 pontos percentuais no teor de ar incorporado.

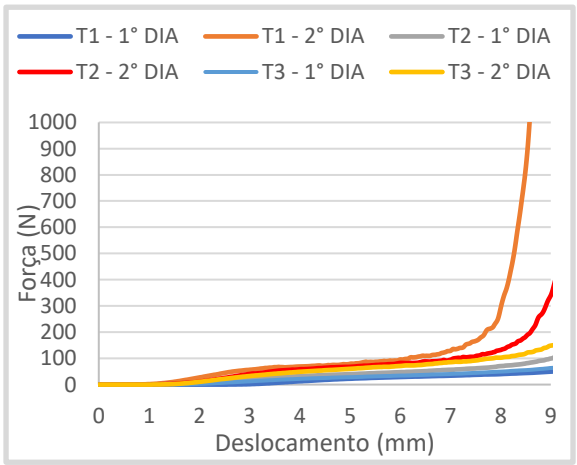
Ensaios de Caracterização Squeeze-flow

Os resultados do ensaio de *squeeze-flow* são apresentados nos Gráfico 1 (a) e (b), para as velocidades de 0,1 mm/s e 3 mm/s, respectivamente.

Gráfico 1 – Squeeze-flow com velocidade de ensaios 0,1 mm/s (a) e 0,3 mm/s (b).



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2025).

Na análise das curvas força-deslocamento, a composição T1 apresentou o estágio II mais extenso no primeiro dia de avaliação, característica associada à maior facilidade de aplicação, com menor carga necessária para deformação [13]. Entretanto, após 24 horas, esta mesma composição demonstrou perda significativa de trabalhabilidade, com enrijecimento precoce em aproximadamente 5 mm de deslocamento.

As composições T2 e T3 apresentaram menor variação entre as curvas do primeiro e segundo dia de avaliação, sugerindo que as fibras de celulose contribuem para a manutenção das características reológicas ao longo do tempo. O comportamento menos fluido destas composições pode estar relacionado ao teor de água original do traço T1, uma vez que o teor de água influencia diretamente na capacidade de escoamento da argamassa, conforme demonstrado por Cardoso et al [5], onde para os traços T2 e T3 não houve ajustes após a incorporação das fibras. Isto pode indicar uma possível necessidade de ajuste do teor de água do traço mediante a adição de fibra de celulose, o que não foi realizado neste trabalho.

Quando comparadas as curvas do T2 do 1° dia e do 2° dia na velocidade de 0,1mm/m, houve uma inversão no comportamento esperado, o que ocorreu provavelmente devido a sensibilidade do método do squeeze-flow. Este comportamento não foi identificado na maior velocidade.

Apesar de não ser o foco deste trabalho, foram realizadas as moldagens dos corpos de prova, e, visualmente, os traços T2 e T3 apresentaram uma cura mais lenta, sendo o T3 afetado de forma mais acentuada em comparação com o T1. Esse comportamento pode ser justificado pelo aumento da retenção de água e do tempo em aberto, pois, considerando que se trata de uma fibra natural, ocorre um efeito capilar decorrente de sua estrutura, que libera a água mais lentamente na matriz cimentícia, contribuindo para uma cura mais homogênea. Por indisponibilidade de equipamento não foi realizada a avaliação da retenção de água das argamassas com inclusão das fibras de celulose e isto será objeto de estudo futuro.

Neste estudo, constatou-se a necessidade de ajustes na formulação, especialmente no traço T3, no qual foi incorporada uma quantidade significativa de fibra de celulose (5,4 kg/m³), o que afetou diversas propriedades, notadamente o teor de ar incorporado. Os resultados sugerem, ainda, a possibilidade de adequar os teores de aditivos controladores de hidratação, incorporadores de ar e aglomerantes, sendo que, para estes últimos, faz-se necessária uma avaliação mais aprofundada dos impactos sobre as propriedades do estado endurecido.

Adicionalmente, identificou-se a presença de fibras sintéticas na formulação, possivelmente de polipropileno de 12 mm, em função das pequenas formações de grumos, comumente denominados ouriços, provavelmente decorrentes de dificuldades na homogeneização.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo sobre a incorporação de fibras de celulose em argamassas de hidratação controlada, pode-se concluir que:

- A adição de fibras de celulose influenciou significativamente as propriedades no estado fresco das argamassas de hidratação controlada, com destaque para o

comportamento reológico e a manutenção das características ao longo do tempo de utilização.

- Os traços com maior teor de fibras (T2 e T3) apresentaram melhor manutenção das propriedades reológicas entre 6 e 24 horas, evidenciada pelos ensaios de *squeeze-flow*, sugerindo que as fibras de celulose contribuem para a estabilidade das características ao longo do tempo de utilização;
- O aumento no teor de fibras resultou em incremento significativo do teor de ar incorporado, chegando a 23,6% no traço T3 (5,4 kg/m³), o que indica que teor mais elevados de fibras podem contribuir para o aprisionamento do ar;
- A trabalhabilidade das argamassas foi afetada pela adição das fibras, com redução do índice de consistência nos traços T2 e T3. No entanto, a avaliação qualitativa indicou que as misturas mantiveram características adequadas de aplicação, com maior maciez e leveza durante o manuseio.
- O traço intermediário (T2 - 1,0 kg/m³) apresentou o melhor equilíbrio entre as propriedades avaliadas, mantendo características similares ao traço referência em termos de densidade de massa e teor de ar incorporado inicial, com melhor estabilidade ao longo do tempo.

Além disso, os resultados obtidos indicam o potencial de utilização das fibras de celulose como aditivo em argamassas de hidratação controlada, especialmente para melhorar a manutenção das propriedades no estado fresco. No entanto, ressalta-se a importância de estudos complementares para avaliar:

- O impacto nas propriedades no estado endurecido;
- A otimização dos teores de aditivos e aglomerantes em função do teor de fibras de celulose;
- O comportamento da argamassa em diferentes intervalos de tempo de utilização;
- A influência de diferentes teores de fibras em intervalos menores que os utilizados neste estudo;
- Avaliação destes traços quando dosadas as fibras de celulose no mesmo local, isto é, mistura diretamente na usina ou em laboratório.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **17218**: Argamassa inorgânica de hidratação controlada - Coleta, transporte, recebimento e homogeneização do material para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2024.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **13281-1**: Argamassa inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2023.

[3] RECENA, F. A. P. **Conhecendo a argamassa**. 2. Ed. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2011.

[4] CARASEK, H. Argamassas**.** In: ISAIA, G. C. (Org) **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. Vol. II. 2. Ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

[5] CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de squeeze-flow. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), 6., 2005, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: SBTA, 2005, p. 121-143.

[6] PESCAROLO, A. **Desempenho de argamassas com fibras de celulose**. 2019. Tese (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

[7] STEVULOVA, N.; HOSPODAROVA, V. **Cellulose fibres used in building materials.** In: REHVA Annual Conference 2015 – Advanced HVAC and Natural Gas Technologies, 2015, Riga. Anais [...]. Riga: REHVA, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/300400574_Cellulose_Fibres_Used_in_Building_Materials.

[8] SILVA, S. H. L.; SCHREINER, A. C.; TOMINAGA, C. K.; COSTA, M. M. M.; MACEDO, M. M. C.- Avaliação de ciclo de vida e da durabilidade de argamassas autonivelantes com adição de fibras. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa (SBTA), 13., 2019, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: SBTA, 2019, p. 581-591

[9] JRS – J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO KG. ***Fibers and Gels for Construction Chemical Products****. Rosemberg,* 2023.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR **13278**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **13276**: Argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR **15839**: Argamassas de assentamento e revestimento – Determinação das propriedades reológicas pelo método de squeeze-flow. Rio de Janeiro, 2010.

[13] CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. ***Squeeze-flow*** **aplicado a argamassa de revestimento: manual de utilização.** São Paulo: USP, 2010. Boletim Técnico BT/PCC/545 n.1.