DESEMPENHO REOLÓGICO DE ADITIVO REDUTOR DE ÁGUA EM ARGAMASSAS LEVES DE REVESTIMENTO.

Rheological Performance of Water-Reducing Additive in Lightweight Rendering Mortars.

Thalian Valente Soares
UDESC | Joinville, SC | tv.soares@edu.udesc.br

Carmeane Effting
UDESC | Joinville, SC | carmeane.effting@udesc.br

Adilson Schackow
UDESC | Joinville, SC | adilson.schackow@udesc.br

Resumo

O presente estudo investiga como a variação do teor de um aditivo redutor de água (à base de policarboxilatos) afeta o comportamento reológico das argamassas, sendo esta essencial para garantir resultados de qualidade e durabilidade ao longo do ciclo de vida do revestimento. Uma argamassa leve para revestimento é formulada em três concentrações de aditivo (0,5%, 1,0% e 1,5%) e materiais convencionais como cimento, cal, areia, e vermiculita. Os ensaios reológicos foram realizados com um reômetro rotacional e geometria vane test, medindo Tensão Estática e Curva de Fluxo. Os resultados indicam níveis ideais de incorporação do superplastificante em argamassas leves no estado fresco quanto sua aplicabilidade na construção civil, sendo a argamassa com teor de 1,5% com melhor trabalhabilidade e aderência.

Palavras-chave: Argamassas leves; Superplastificante; Reologia; Vermiculita expandida.

ABSTRACT

The present study investigates how varying the content of a water-reducing additive (based on polycarboxylates) affects the rheological behavior of mortars, which is essential to ensure quality and durability throughout the coating's lifecycle. A lightweight mortar for coating was formulated with three concentrations of the additive (0.5%, 1.0%, and 1.5%) in combination with conventional materials such as cement, lime, sand, and vermiculite. Rheological tests were performed using a rotational rheometer and vane test geometry, measuring Static Stress and Flow Curve. The results indicate optimal levels of superplasticizer incorporation in fresh-state lightweight mortars for civil construction applications, with the 1.5% content showing improved workability and adhesion.

Keywords: Lightweight mortars; Superplasticizer; Rheology; Expanded Vermiculite.

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global impulsiona a demanda por conforto térmico via dispositivos elétricos em edifícios, exacerbando crises energéticas (PINTO, 2009). A construção sustentável, ao empregar materiais de baixo consumo energético (ASTE *et al.*, 2015), surge como uma solução viável, ágil e econômica. Com isso, as argamassas de revestimento são vitais em alvenarias, pois garantem estética, conforto, estanqueidade e durabilidade nas edificações e elementos de parede (HADDAD, 2020). A inclusão de materiais leves em argamassas resulta em baixa condutividade térmica e absorção acústica, mas influencia adversamente o comportamento mecânico no estado fresco e endurecido. (BECKER, EFFTING e SCHACKOW, 2022).

Apesar de os requisitos de desempenho dos revestimentos estarem ligados às propriedades no estado endurecido, é fundamental um estudo no estado fresco. Isso se deve à aplicação das argamassas, o qual desempenha um papel primordial na determinação das características finais do revestimento, tais como aplicabilidade, aderência e uniformidade. Portanto, investigar o comportamento reológico de uma

argamassa torna-se essencial para garantir resultados de qualidade e durabilidade ao longo do ciclo de vida do revestimento (MATANNA *et al.*, 2013).

A reologia é uma ciência que explora como os materiais se comportam quando submetidos a forças externas, focando no fluxo e na deformação (BANFILL, 2005). Para argamassas, é crucial buscar propriedades reológicas controladas, já que a tensão ou esforço que molda o fluido é ligado diretamente ao processo de aplicação. Analisar essas deformações relativas ao esforço pode guiar a formulação de produtos com alto desempenho e produtividade (MATANNA *et al.*, 2013).

Do ponto de vista científico, no processo de hidratação, o cimento tende a flocular, devido o tamanho de suas partículas, o que torna difícil estabelecer parâmetro reológico (NUNES *et al.*, 2011). Os aditivos superplastificantes podem facilitar a ação desfloculante sobre o sistema de cimento/água, através da dispersão das partículas induzida pelo surgimento de uma carga negativa na superfície dos grãos de cimento, mantendo uma certa distância entre eles, evitando aglomeração e preservando a estabilidade da suspensão (MEIRELLES *et al.*, 1999; GRAEFF *et al.*, 2002; LIMA, 2019). O aditivo superplastificante, do tipo à base de policarboxilatos, empregado neste estudo, busca otimizar propriedades como redução de água ou aumento de trabalhabilidade sem alterar o teor de água. A escolha deste aditivo, objetiva avaliar seu desempenho em argamassas, pois o uso recomendado no mercado é para concretos (MATANNA *et al.*, 2013). Neste contexto este estudo tem como propósito examinar os efeitos do teor de aditivo superplastificante, em concentrações de 0,5%, 1,0% e 1,5% em relação à massa de cimento, nas propriedades de trabalhabilidade e comportamento reológico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram preparadas formulações de argamassas com cimento CP II Z-32, cal hidratada CH-III, vermiculita expandida superfina, areia fina de rio (diâmetro máximo do grão de 0,6mm), superplastificante com densidade de 1,12 kg/l, incorporador de ar com retenção de água e ação estabilizadora com densidade de 1 kg/l, e água (conforme Tabela 1). As proporções foram 1:0,789:3:0,33 (cimento:cal:areia:vermiculita) traço em massa, mantendo relação água/cimento de 1,28.

Tabela 1: Dosagem das argamassas em massa.

ARGAMASSA	CIMENTO (g)	CAL (g)	VERMICULITA (g)	AREIA (g)	ADITIVO SP (g)	ADITIVO IA (g)	ÁGUA (g)
AA05	385	303,78	130,42	1152,10	1,93	1,93	495,33
AA10	385	303,78	130,42	1152,10	3,85	1,93	495,33
AA15	385	303,78	130,42	1152,10	5,78	1,93	495,33

Fonte: Os autores (2023).

Para a caracterização das argamassas foi realizado o ensaio de índice de consistência (média de três medições no diâmetro de cada mistura), conforme NBR 13276 (ABNT, 2016) e tempo de pega seguindo NBR 16607 (ABNT, 2018). Quanto ao comportamento reológico, foi utilizado o reômetro rotacional da marca Thermo Scientific™ HAAKE, modelo Viscotester iQ Air, e desenvolvido um procedimento para analisar as argamassas abrangendo tensão estática e viscosidade. Para eliminar possíveis influências na amostra, um padrão de mistura dos materiais foi adotado para garantir a uniformidade na composição, diluição do aditivo e tempo de espera antes do ensaio.

O ensaio ocorreu com taxa de γ=0,05 s^{-1} e duração de 90 segundos, mensurando a tensão de cisalhamento requerida, a fim de obter a desestruturação da amostra. Após 60 segundos de repouso, a taxa de cisalhamento aumentou gradualmente de γ=0,01 s^{-1} à γ=100 s^{-1} por 90 segundos, repousando por 60 segundos e fazendo o percurso descendente. A curva obtida foi correlacionada ao comportamento reológico da amostra.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Todas as misturas foram submetidas ao ensaio de abatimento (*flow table*) para avaliar a trabalhabilidade da argamassa. Os tempos de início e fim de pega foram medidos para verificar a conformidade com os requisitos da norma NBR 16607 (ABNT, 2018). O resultado dos ensaios realizados na argamassa é apresentado na Tabela 2. Quanto à Tensão de Cisalhamento, foi documentado o valor máximo alcançado

durante o ensaio e o tempo necessário para a deformação da amostra e a subsequente perda de sua consistência, conforme a Figura 1.

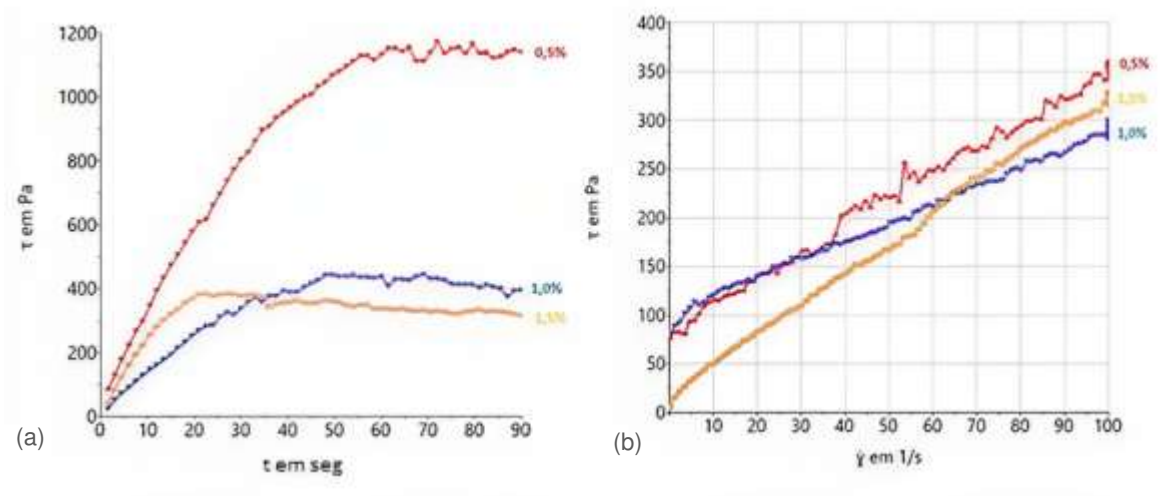
Tabela 2: Propriedades das argamassas no estado fresco.

	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (cm)	TEMPO DE PEGA INICIAL (min)	TEMPO DE PEGA FINAL (min)	TENSÃO DE CISALHAMENTO (Pa)
AA05	23,5	311	605	1177 – 79s
AA10	25,0	375	611	443,4 – 46s
AA15	25,5	476	679	384,4 – 18s

Fonte: Os autores (2023).

Conforme a NBR 16541 (ABNT, 2016), argamassas com diâmetro de espalhamento abaixo de 25 cm são consideradas argamassas secas. Para argamassas convencionais, a norma recomenda um diâmetro entre 26 ± 0,5 cm. A argamassa com 1,5% de aditivo apresentou consistência adequada e trabalhabilidade ideal, dentro do limite de 5% recomendado pelo fabricante. Embora não tenha sido formulada uma argamassa de referência sem aditivo, a NBR 16607 (ABNT, 2018) estabelece um limite de 25% para o tempo de início de pega. Diferenças no início de pega ocorreram entre as argamassas devido ao efeito retardador do superplastificante, conforme Mehta e Monteiro (2014).

Figura 1 – (a) Tensão estática das argamassas; (b) curva de fluxo.



Fonte: Os autores (2023).

O gráfico da Figura 1a revela comportamento pseudoplástico nas argamassas, com baixa tensão dinâmica, garantindo boa trabalhabilidade e aderência em superfícies verticais (RIBEIRO, 2021). Entretanto, nas misturas com 0,5% e 1% de superplastificante, não ocorreu queda na tensão de cisalhamento após o limite do ensaio, devido à granulometria dos materiais constituintes da mistura e a influência do aditivo na dispersão dos grãos. Em contraste, na concentração de 1,5%, após atingir a Tensão Máxima, ocorreu escoamento, indicando menor viscosidade devido à ação do aditivo. Após 90 segundos sob Força de Cisalhamento γ=100 s^(-1)a Tensão Máxima é atingida nas argamassas com 0,5% (τ=350,2 Pa), 1% (τ=299 Pa) e 1,5% (τ=327 Pa) de superplastificante. Na Figura 1b, o comportamento reológico das argamassas em relação à viscosidade é demonstrado. A argamassa com 1,5% de superplastificante apresentou menor viscosidade, pois no final do ensaio a tensão de cisalhamento se aproxima de zero, evidenciando melhor trabalhabilidade e aderência reduzida, gerando maior fluidez e segregação da amostra, voltando ao seu estado inicial após encerrar a aplicação da força. Na construção, a fluidez das argamassas influencia na aplicação da argamassa de revestimento pelo pedreiro. Independentemente da consistência, todas as argamassas elaboradas neste estudo são aplicáveis, considerando seu tempo de pega (CARDOSO *et al.*, 2007).

4 CONCLUSÕES

Os resultados desta investigação enfatizam a otimização das concentrações de superplastificante em argamassas. A concordância da trabalhabilidade, consistência e atributos do tempo de pega se mostra

crucial para a eficácia da aplicação e desempenho das argamassas, demonstrando que todas as argamassas podem ser utilizadas na construção desde que considerada a sua aplicação. A concentração de superplastificante de 1,5% gerou fluidez excessiva, ou seja, segregou após a aplicação da taxa de cisalhamento, correlacionando um impacto na durabilidade e resistência. Quanto ao comportamento reológico, as argamassas com teor de superplastificante de 0,5% e 1%, a Tensão Estática não apresentou escoamento após atingir a tensão máxima durante o ensaio, devido ao estado seco da argamassa. A argamassa com 1,5% de teor de superplastificante tornou a argamassa mais fluida e com maior trabalhabilidade, porém a curva de fluxo apontou que após aplicada uma taxa de cisalhamento de γ=100 s^{-1} pode ser observado que a argamassa segregou onde a geometria penetrou a amostra, o que fez perder viscosidade e não retornando a sua consistência inicial, porém após ser misturada novamente com a amostra da parede, voltou ao seu estado inicial. No entanto, as argamassas não obtiveram desestruturação o que pode ocorrer devido ao tempo de ensaio, ou ainda a taxa de cisalhamento requerida no ensaio, sugere-se aplicar taxas e tempo de ensaio maior bem como a investigação dos aditivos na composição e a granulometria dos materiais para uma compreensão mais abrangente do estudo.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a instituição UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, e a bolsa PROMOP – Monitoria de Pós-Graduação, pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

ABNT (2018). NBR 16607: **Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT (2016). NBR 16541: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios**. Rio de Janeiro, 2016.

ASTE, Niccolò; LEONFORTE, Fabrizio; MANFREN, Massimiliano; MAZZON, Manlio. Thermal inertia and energy efficiency – Parametric simulation assessment on a calibrated case study**. Applied Energy**, [S.L.], v. 145, p. 111-123, maio 2015.

BANFILL, P. F. G.; The rheology of fresh mortar – a review. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias das Argamassas, 6º.; **Anais**. Florianópolis - SC - Brasil. 2005.

BECKER, Patricia Fernanda Bergmann; EFFTING, Carmeane; SCHACKOW, Adilson. Lightweight thermal insulating coating mortars with aerogel, EPS, and vermiculite for energy conservation in buildings. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 125, p. 104283, jan. 2022. Elsevier BV.

Fábio A. Cardoso (1), Fábio L. Campora (2), Rafael G. Pileggi (3), Vanderley M. John. Caracterização reológica de argamassa de mercado por Squeeze Flow. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias das Argamassas, 7º.; **Anais**. Recife - PE - Brasil. 2007.

GRAEFF, A. G.; SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto Da. Análise e comparação das propriedades de aditivos superplastificantes. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 17, 2002. **Anais**... Passo Fundo - RS. CRICTE 2002.

HADDAD, Lucimar Dias de Oliveira *et al.* Influence of particle shape and size distribution on coating mortar properties. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 9, n. 4, p. 9299-9314, 2020.

LIMA, Alexandre. O papel dos impedimentos espaciais na Química Inorgânica. **NOIC**, 2019. Disponível em: https://noic.com.br/materiais-quimica/ideias-quimica/quimica-ideia-3/#:~:text=Algumas%20esp%C3%A9cies%20qu%C3%ADmicas%20s%C3%A3o%20instabilizadas,este%20%C3%A9%20nomeado%20efeito%20est%C3%A9rico. Acesso em: 23 de setembro de 2023.

MATTANA, Alécio Júnior *et al.* **Influência dos constituintes do revestimento de argamassa sobre as suas propriedades reológicas**. Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias-ATIVIDADES ENCERRADAS, v. 19, n. 1, p. 33-33, 2013.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M**. Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MEIRELLES, J. R; LIBARDI, J; BALDO, J. B. O efeito da redosagem de superplastificante no abatimento de pastas de cimento Portland. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43. Florianópolis, 1999**. Anais.**

NUNES, S; OLIVEIRA, P. M; COUTINHO, J. S; FIGUEIRA, J. Rheological characterization of SCC mortars and pastes with changes induced by cement delivery. **Cement and Concrete Composites**, v.33, p.103–115, 2011.

PINTO, C. F. **Em busca de uma arquitetura sustentável: o uso de fontes alternativas de energia**. 2009. 224f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

RIBEIRO, Daniel Véras. **Princípios da Ciência dos Materiais Cimentícios: Produção, Reações, Aplicações e Avanços Tecnológicos**. Editora Appris, 2021.