ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE PASTAS ESTABILIZADAS AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Study of the rheological behavior of stabilized paste over storage time

Juliana Machado Casali
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) | Florianópolis, SC | juliana.casali@ifsc.edu.br

Gabriele Caon Fogagnoli
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) | Florianópolis, SC | gabriele.c@aluno.ifsc.edu.br

Yasmin Alflen Bello da Silva
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) | Florianópolis, SC | yasmin.ab@aluno.ifsc.edu.br

Luciana Maltez Calçada
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) | Florianópolis, SC | lucianamaltez@ifsc.edu.br

Andrea Murillo Betioli
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) | Florianópolis, SC | andrea.betioli@ifsc.edu.br

Resumo

As argamassas estabilizadas podem ser utilizadas para revestimento e se caracterizam por manter a trabalhabilidade por até 72 horas. Para alcançar essa característica, é necessário garantir a compatibilidade entre o cimento Portland e os aditivos utilizados. Essa compatibilidade pode ser avaliada em pastas, pois as interações químicas ocorrem na parte reativa das argamassas, composta por finos, como cimento Portland, e água. Este artigo tem como objetivo avaliar pastas estabilizadas com dois tipos de cimento Portland (CP II F 40 e CP II Z 40) e dois tipos de aditivos estabilizadores de hidratação e incorporador de ar, analisadas em três tempos de armazenamento (0h, 24h e 72h). As pastas foram preparadas com uma relação água/cimento de 0,5 e as propriedades avaliadas foram: densidade de massa, fluidez e parâmetros reológicos (tensão de escoamento e viscosidade aparente). Os resultados indicaram perda de fluidez ao longo do tempo, acompanhada pelo aumento da tensão de escoamento. Além disso, foi observada a influência do tipo de cimento Portland, sendo a perda de fluidez mais acentuada para o cimento Portland CP II F 40 em comparação ao CP II Z 40, assim como a interferência do tipo de aditivo estabilizador utilizado.

Palavras-chave: Comportamento Reológico; Pasta Estabilizada; Tempo de armazenamento.

ABSTRACT

Ready mix mortars are used for rendering and can maintain workability for up to 72 hours. To achieve this characteristic, it is necessary to ensure compatibility between Portland cement and the admixtures used. This compatibility can be assessed in pastes, as chemical interactions occur in the reactive part of the mortars, which consists of fines, such as Portland cement, and water. This article aims to evaluate stabilized pastes using two types of Portland cement (CP II F 40 and CP II Z 40) and two types of hydration stabilizing and air-entraining admixtures, analyzed at three storage times (0h, 24h, and 72h). The pastes were prepared with a water/cement ratio of 0.5, and the evaluated properties included bulk density, fluidity, and rheological parameters (yield stress and apparent viscosity). The results indicated a loss of fluidity over time, accompanied by an increase in yield stress. Additionally, the influence of the type of Portland cement was observed, with a more pronounced fluidity loss in CP II F 40 compared to CP II Z 40, as well as the effect of the type of hydration stabilizer admixtures used.

Keywords: Rheological Behavior; Stabilized Paste; Storage Time.

1 INTRODUÇÃO

A argamassa estabilizada é um material que contribui para o aumento da produtividade e racionalização da mão de obra, pois chega à obra pronta para o uso, eliminando a necessidade de preparo no local (Marcondes, 2009). Essa argamassa é armazenada em caixas metálicas ou poliméricas, permitindo um tempo de utilização de até 72 horas (Metha e Monteiro, 2008).

O tempo de utilização prolongado da argamassa é obtido por meio de adição de aditivos estabilizadores de hidratação e incorporador de ar. O desempenho desses aditivos depende da interação dos mesmos com o cimento Portland, influenciando tanto a trabalhabilidade quanto o controle do processo de hidratação. Essas interações químicas ocorrem na pasta, que constitui a parte reativa das argamassas, sendo composta por finos, como o cimento Portland, e água. Com base nisso, diversos estudos estão sendo realizados em pasta para analisar a compatibilidade entre o cimento Portland e os aditivos, como os estudos de Guindani (2018), Antoniazzi *et al*. (2019) e Barbosa *et al*. (2019).

Santos (2024) analisou a reação de hidratação de seis cimentos Portland brasileiros com dois aditivos estabilizadores (AEH): um à base de gluconato de sódio e o outro à base de carboidratos. Ambos aditivos estabilizaram quimicamente os cimentos Portland, com variações no tempo de estabilização conforme o tipo de aditivo e cimento Portland. Os maiores tempos de estabilização foram observados para o CP II F e CP IV devido possivelmente, segundo o autor, à presença de partículas maiores e adições minerais menos reativas, que reduzem os núcleos onde o aditivo atua.

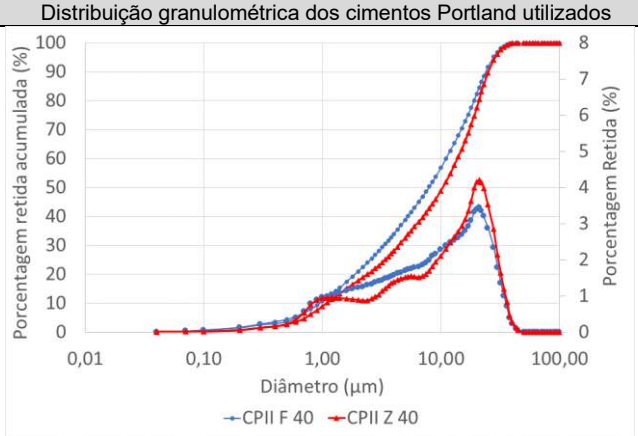
Este artigo tem como objetivo contribuir com o entendimento sobre a interação entre o cimento Portland e o aditivo estabilizador de hidratação (AEH), por meio da avaliação da fluidez, da densidade de massa e dos parâmetros reológicos de pastas cimentícias ao longo do tempo de armazenamento.

2 MATERIAIS E MÉTODO

As pastas foram confeccionadas com dois cimentos Portland: cimento Portland composto com material carbonático - CP II F - 40 e cimento Portland composto com material pozolânico - CP II – Z - 40, conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018). Na Tabela 1 estão apresentadas as características dos cimentos Portland.

Tabela 1: Propriedades físicas e químicas dos cimentos Portland utilizados

Idem de controle	CP II F 40	CP II Z 40	Distribuição granulométrica dos cimentos Portland utilizados
Superfície Específica – Blaine (cm²/g)	4814,7	4544,0	
Massa específica (g/cm³)*	3,09	3,01	
D10 (µm)	0,94	1,08	
D50 (µm)	7,90	10,35	
D90 (µm)	23,89	25,19	
SiO_2	17,88	21,50	
Al_2O_3	4,24	5,98	
Fe_2O_3	2,16	2,133	
CaO	59,06	54,36	
K_2O	0,92	1,23	
Na_2O	0,25	0,24	
MgO (%)	5,89	5,31	
SO_3 (%)	4,07	5,08	
TiO_2 (%)	0,19	0,18	
Perda ao fogo (%)	4,20	2,78	
Resíduo Insolúvel (%)	2,70	10,14	



Fonte: Fabricante do cimento Portland e os autores (2025)*.

Na Tabela 2 são apresentadas as características do aditivo estabilizador de hidratação (AEH) e do aditivo incorporador de ar (AIA) de dois fabricantes, sendo sempre utilizado o conjunto do mesmo fabricante.

Tabela 2: Características dos aditivos utilizados

Característica	AEH - A	AIA - A	AEH - B	AIA - B
Base química	Sacarose e gluconato	Surfactante aniônico	Carboidratos	Surfactante não iônico
Teor de sólidos (%)	45,61	5,80	39,98	10,80
Massa específica (g/cm³)	1,19	1,00	1,10	1,25
pH (23°C)	5,23	10,16	8,00	9,50
Cor	Marrom escuro	Marrom	Amarelado	Branco leitoso
Dosagem utilizada (% da massa de cimento)	1,20	0,15	0,80	0,35

Fonte: Fabricantes dos aditivos químicos.

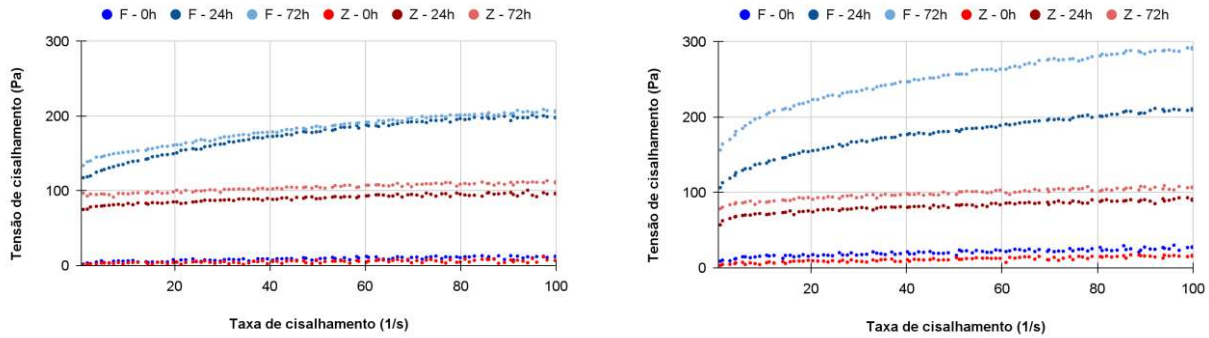
As pastas foram homogeneizadas em um misturador de alta eficiência com 10000 rpm durante 70 segundos, onde primeiramente era adicionada toda a água (relação água/cimento de 0,5) juntamente com os dois aditivos (AEH e AIA, conforme dosagem da Tabela 2) e, em seguida, todo o cimento Portland. Após a mistura, em 0h, 24h e 72h, as pastas cimentícias foram avaliadas em relação à fluidez (cone de Kantro), densidade

de massa e parâmetros reológicos. Os parâmetros reológicos foram determinados no reômetro Haake Mars 40 por reometria rotacional com a geometria cilindro concêntrico. O método consistiu em um pré-cisalhamento a uma taxa de cisalhamento de 100 s^{-1} com duração de 60s, seguido de um ciclo de aceleração com taxa de cisalhamento de 0,1s^{-1} a 100s^{-1}, e, posteriormente, uma desaceleração de 100s^{-1} a 0,1 s^{-1}. Os parâmetros reológicos foram obtidos pelo modelo de Herschel-Bulkley referente ao ciclo de desaceleração e a viscosidade aparente foi obtida a partir da maior taxa de cisalhamento. Para as análises em 24h e 72h, as amostras foram armazenadas em recipientes herméticos e remisturadas durante 70s.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura 1 apresenta as curvas de tensão de cisalhamento *versus* taxa de cisalhamento das pastas analisadas. Observa-se que, para o tempo de 0h, não foi observada a influência do tipo de cimento Portland para as pastas contendo os aditivos A (Figura 1a). No entanto, para as pastas com o aditivo B, já se observa um pequeno aumento da tensão de cisalhamento para as pastas com CP II F (Figura 1b). Esse comportamento se torna mais evidente ao longo do tempo, uma vez que as tensões de cisalhamento nas pastas com CP II F foram superiores às observadas nas pastas com CP II Z. Dessa forma, fica clara a influência do tipo de cimento Portland, do tipo de aditivos utilizados e do tempo de armazenamento.

Figura 1: Tensão de cisalhamento *versus* Taxa de cisalhamento das pastas avaliadas: (a) aditivo fabricante A (b) aditivo fabricante B



(a) (b)

Fonte: Autores, 2025

O aumento de consistência das pastas com o tempo também foi observado no aumento da tensão de escoamento (Tabela 3), independentemente do tipo de aditivo e do cimento Portland. O aumento de tensão de escoamento e viscosidade aparente foi maior para as pastas com CP II F, possivelmente pela maior área superficial específica, granulometria mais fina (Tabela 1), ou diminuição do teor de ar incorporado (Tabela 3). Portanto, a alteração do tipo de cimento Portland ou do aditivo pode resultar em um comportamento inesperado das propriedades reológicas das pastas, influência também observada por Santos (2024) nas reações de hidratação de diferentes cimentos.

Tabela 3: Resultados de fluidez, densidade de massa e parâmetros reológicos das pastas analisadas

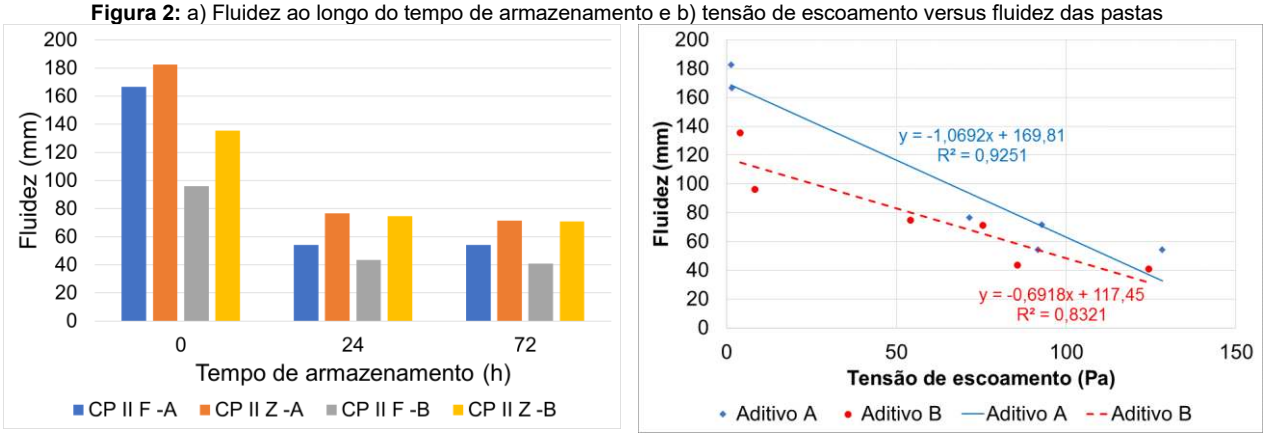
Parâmetro analisado	Aditivo A						Aditivo B					
	CP II - F - 40			CP II - Z - 40			CP II - F - 40			CP II - Z - 40		
	0h	24h	72h	0h	24h	72h	0h	24h	72h	0h	24h	72h
Tensão de escoamento (Pa)	1,5	91,6	128,3	1,3	71,5	92,8	8,3	85,6	124,2	3,9	54,1	75,5
Viscosidade aparente (Pa.s)	0,1	0,8	0,7	0,1	0,2	0,2	0,1	0,9	1,1	0,1	0,2	0,2
Densidade de massa (g/cm³)	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7
Teor de ar incorporado (%)	6,7	1,2	1,2	5,7	5,7	0,1	12,1	6,7	1,2	11,2	5,7	5,7

Fonte: Autores, 2025

A diferença entre os tipos de cimento Portland também foi observada nos valores de fluidez (Figura 2a), onde os valores obtidos para as pastas CP II F foram inferiores àqueles obtidos para as pastas com CP II Z. Esse comportamento possivelmente ocorre em função do aumento da tensão de escoamento e da viscosidade aparente para o CP II F. Com os valores obtidos, observou-se uma boa correlação entre a tensão de escoamento e a fluidez, sendo diferente para cada tipo de aditivo (Figura 2b). Cabe ressaltar que os valores de fluidez também diminuíram conforme o aumento do tempo de armazenamento. Assim como ocorreu com as demais propriedades avaliadas, a fluidez das pastas foi influenciada pelo tipo de cimento Portland, pelo tipo de aditivo e pelo tempo de armazenamento (Figura 2). Cabe ressaltar que a reatividade do cimento Portland não depende somente das suas características físicas, mas, também, de outros fatores como a sua

composição química, sendo necessário um estudo aprofundado para uma análise mais detalhada da interação cimento Portland - aditivo. Santos (2024) reforça a necessidade dos estudos de dosagem diretamente na argamassa.

Figura 2: a) Fluidez ao longo do tempo de armazenamento e b) tensão de escoamento versus fluidez das pastas



(a) (b)

Fonte: Autores, 2025

4 Conclusão

Com base nos resultados obtidos, constatou-se perda de fluidez das pastas ao longo do tempo, acompanhada pelo aumento da tensão de escoamento e da viscosidade, além da redução do teor de ar incorporado. Observou-se, também, a influência do tipo de cimento Portland, sendo que a perda de fluidez com o tempo foi mais acentuada para o CP II F 40 do que para o CP II Z 40. Além disso, verificou-se que as pastas com o aditivo B resultaram em maior perda de fluidez para o CP II F 40. Desse modo ficou evidente que a alteração no cimento Portland ou do tipo de aditivo pode influenciar as propriedades reológicas devido à interação entre esses componentes.

5 Agradecimentos

O presente trabalho teve o apoio do Instituto Federal de Santa Catarina. Os autores agradecem às empresas pela doação dos materiais e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica/Tecnológica e ao Instituto Nacional de Tecnologias Cimentícias Ecoeficientes Avançadas (FAPESP INCT 465593/2014-3).

Referências

ANTONIAZZI, J. P.; MOHAMAD, G.; CASALI, J. M.; OTTONI, T. P.; RODRIGUES, R. B. Avaliação do efeito dos aditivos estabilizadores de hidratação e incorporador de ar em pastas de cimento portland. In: SBTA, 13., Goiânia, 2019. **Anais** [...] Goiânia, 2019.

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

BARBOSA, C. S., DUARTE, G., OLIVEIRA, A. L. D., CALÇADA, L. M., & CASALI, J. M. Estudo da influência da quantidade de água no tempo de pega em pastas e em argamassas estabilizadas. In: SBTA, 13., Goiânia, 2019. **Anais** [...] Goiânia, 2019. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbta/article/view/4728.

GUINDANI, N. E. **Argamassa estabilizada para revestimento: avaliação da influência da adição de finos nas propriedades do estado fresco e endurecido**. Florianópolis, 2018. p. 146. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

MARCONDES, C. G. **Características e benefícios da argamassa estabilizada**. Massa Cinzenta. Publicado em 9 de junho de 2009. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/caracteristicas-e-beneficios-da-argamassa-estabilizada/>. Acesso em 14 de fevereiro de 2010.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. IBRACON, 2 Ed, 2008.

SANTOS, Q. C. **Avaliação da hidratação de pastas e argamassas formuladas com aditivo estabilizador de hidratação.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências. 130 p. 2024.