AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE ARGAMASSA ESTABILIZADA AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Tema: Tecnologia dos materiais.

YASMIN ALFLEN BELLO DA SILVA [1], ANDREA MURILLO BETIOLI[2], GUILHERME CARDOSO HICKEL[3], JULIANA MACHADO CASALI [4], LUCIANA MALTEZ CALÇADA [5]

[1] Acad. Eng. Civil., Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC/ DACC, yasmin.ab@aluno.ifsc.edu.br
[2] Prof. Drª., Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC/ Campus Florianópolis, andrea.betioli@ifsc.edu.br
[3] Eng. Civil, Msc., Azul Argamassa e Concretos, guilhermechickel@gmail.com
[4] Profª. Drª., Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC/ Campus Florianópolis, juliana.casali@ifsc.edu.br
[5] Profª. Drª, Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC/ Campus Florianópolis, lucianamaltez@ifsc.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar as propriedades reológicas de argamassa estabilizada ao longo do seu tempo de armazenamento. Foram avaliadas argamassas com 15h, 39h e 62h após a produção, por meio de reometria rotacional. Foram determinados, também, o teor de ar incorporado antes e após a reometria rotacional, o índice de consistência e o teor de umidade para cada um dos tempos analisados. Os resultados demonstraram aumento da tensão de cisalhamento para os tempos de 36h e 68h, enquanto a viscosidade permaneceu praticamente constante.

Palavras-chave: argamassa estabilizada, comportamento reológico, reometria rotacional, tempo de armazenamento

EVALUATION OF THE RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF READY MIX MORTAR OVER STORAGE DURATION

ABSTRACT

The purpose of this article is to evaluate the rheological properties of ready mix mortar during storage time. Mortars stored for 15h, 39h and 62h after production were evaluated by rotational rheometry. The air-entrained content before and after the rotational rheometry, the consistency index and the moisture content for each of the analyzed times were also determined. The results showed an increase in shear stress for 36h and 68h periods, while the viscosity remained almost the same.

Key-words: ready-mix-mortar, reological behavior, rotational rheometry, storage duration

1. INTRODUÇÃO

A argamassa estabilizada é um produto entregue na obra pronta para o uso e se caracteriza pela permanência em estado fresco por períodos prolongados, ao longo dos quais deve manter-se em condições de uso, isto é, sua trabalhabilidade. A avaliação do comportamento da argamassa estabilizada, principalmente das propriedades ao longo do tempo de armazenamento, vem sendo objeto de estudo cada vez mais frequente no Brasil e, conforme reportado por Casali *et. al.* (2018)[(1)], diversos trabalhos apontam para a mudança nas suas características ao longo desse tempo.

Uma das possibilidades de avaliar a trabalhabilidade e a aglomeração de argamassas é a determinação das propriedades reológicas com reometria rotacional, como avaliado por Ramos *et. al.* (2017)[(2)], França, Cardoso e Pileggi (2012)[(3)], entre outros. Este ensaio permite determinar parâmetros como viscosidade e tensão de escoamento pela aplicação de torque e medida do cisalhamento resultante ou controlando o cisalhamento aplicado e avaliando o torque necessário (CARDOSO, PILEGGI E JOHN; 2005)[(4)]. No entanto, poucos trabalhos têm avaliado estes parâmetros para as argamassas estabilizadas ao longo do tempo de utilização. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as propriedades reológicas de argamassas estabilizadas, por meio de reometria rotacional, ao longo do seu tempo de armazenamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi empregada uma argamassa estabilizada fornecida por um fabricante local produzida com cimento Portland composto de material carbonático (CP II F 40) (propriedades na Tabela 1). A argamassa estabilizada foi dosada com o cimento Portland CP II F 40, um blend de cinzas, areia natural fina (características na Tabela 2), areia de britagem (características na Tabela 2) e água, na proporção de 1:0,11:7,12:1,81:1,35 em massa, respectivamente. Os aditivos utilizados foram: estabilizador de hidratação e incorporador de ar, nos teores de 0,7% e 0,25% em relação à massa de cimento, respectivamente (características na Tabela 3).

Tabela 1 – Características do cimento Portland CP II F 40 utilizado

Propriedades físicas					
Item de controle		Cimento	Item de controle		Cimento
Porcentagem retida 75µm (%)		0,0	Resistência à compressão - 1 dia (MPa)*		22,7
Porcentagem retida 45µm (%)		0,95	Resistência à compressão - 3 dias (MPa)*		36,1
Superfície específica - Blaine (cm²/g)*		4672	Resistência à compressão - 7 dia (MPa)*		41,7
Água de consistência normal (%)*		28,51	Resistência à compressão - 28 dias (MPa)*		47,8
Tempo de início de pega (min)*		247	Resíduo insolúvel (%)		4,0
Tempo de final de pega (min)*		307	Massa específica (g/cm³)		3,1
Propriedades químicas					
Item de controle	Cimento	Item de controle	Cimento	Item de controle	Cimento
MgO (%)	3,89	SO3 (%)	2,1	Perda ao fogo (%)	5,79

Fonte: Autores e *resultados obtidos com o fabricante (2023)

Tabela 02 – Características dos agregados constituintes da argamassa

Abertura de peneira (mm)	Porcentagem retida acumulada	
	Areia Fina	Areia de Britagem
4,8	0,00	1,01
2,4	0,00	17,52
1,2	0,03	41,71
0,6	0,08	57,99
0,3	11,47	72,72
0,15	92,54	83,69
Fundo	100,00	100,00
Módulo de finura	1,04	2,75
Massa específica aparente (kg/dm³)	2,65	2,65
Material pulverulento	0,75	7,83

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 03 – Características dos aditivos utilizados na produção das argamassas.

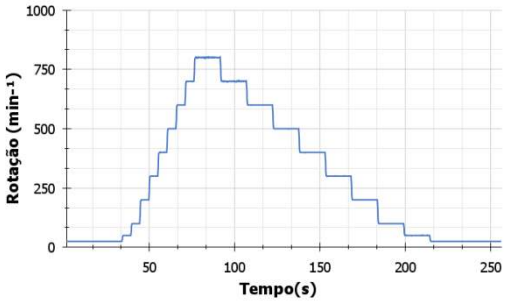
Aditivo	**Estabilizador de hidratação**	**Incorporador de ar**
Base Química (componente de maior quantidade)	Não informado pelo fabricante	Não informado pelo fabricante
Massa específica (g/cm³)/ Ph (23°C)	1,14/ 6,5	1,02 / 10,5
Estado físico/ Cor	Líquido/ Amarelo	Líquido/ Avermelhado
Dosagem recomendada	0,3% - 1,0% da massa do cimento	0,2% - 0,8% da massa do cimento

Fonte: Autores, 2023.

A argamassa foi armazenada em recipientes com fechamento hermético até o momento de sua avaliação, nos tempos de 15h, 39h e 62h da sua produção. Antes de cada avaliação foi realizada uma homogeneização, dentro do próprio recipiente, com um misturador elétrico de argamassa (potência de 1600W).

As propriedades reológicas foram determinadas por reometria rotacional, utilizando-se o reômetro planetário para argamassa e concreto (PHESO). Utilizou-se um programa de aceleração e desaceleração composto por 9 patamares, com duração de 5 e 15 segundos para aceleração e desaceleração, respectivamente, conforme Figura 1. Para a obtenção das tensões de cisalhamento foi utilizado o método proposto por Hickel et al (2019)[7].

Figura 01 – Programa de cisalhamento: curva de aceleração e desaceleração utilizada



Fonte: Autores, 2023.

Foram avaliadas, também, as seguintes propriedades: teor de ar incorporado (ABNT NBR 13278, 2005)[5], índice de consistência (ABNT NBR 13276, 2016)[6] e teor de

umidade por secagem ao fogo. O teor de ar incorporado foi avaliado antes e após a argamassa ser submetida à reometria rotacional.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na Tabela 4 são apresentados os valores obtidos de teor de ar incorporado, índice de consistência - *flow table*, e teor de umidade ao longo do tempo de armazenamento.

Tabela 4 – Teor de ar incorporado, índice de consistência e teor de umidade

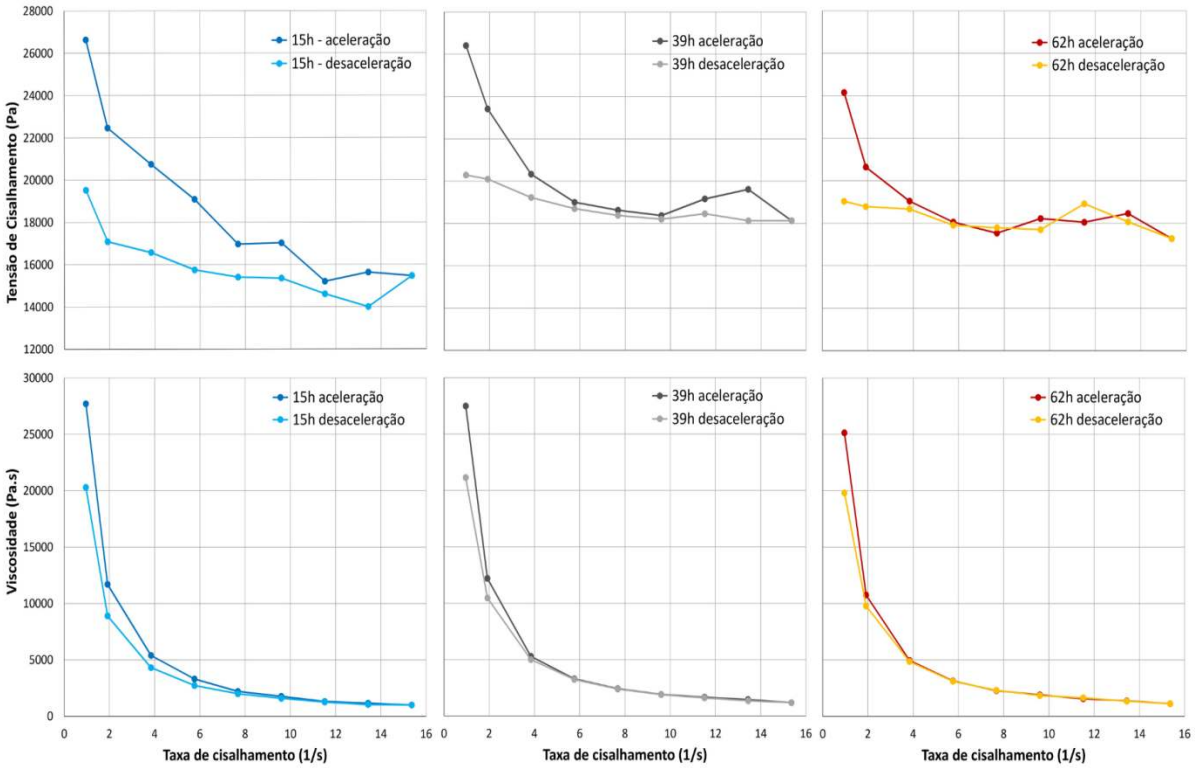
Tempo de utilização	Teor de ar incorporado (%)		Índice de consistência (mm)	Teor de umidade (%)
	Antes do reômetro	Depois do reômetro		
15h	11,91	11,85	210,00	16,23
39h	11,59	13,68	191,67	16,91
62h	10,45	10,95	190,33	16,94

Fonte: Autores, 2023.

Observa-se, na Tabela 4, que houve uma pequena diminuição no índice de consistência e no teor de ar incorporado com o tempo de armazenamento (antes do reômetro), demonstrando que, mesmo com um processo de mistura eficiente, não foi possível retornar ao teor inicial. Já para o teor de ar incorporado, avaliado após o ensaio de reometria, observa-se aumento do valor somente para a argamassa com 39h, possivelmente pela energia imposta à mistura durante o ensaio. A redução nos valores das duas propriedades não pode ser atribuída à perda de água, pois o teor de umidade permaneceu praticamente constante (Tabela 4).

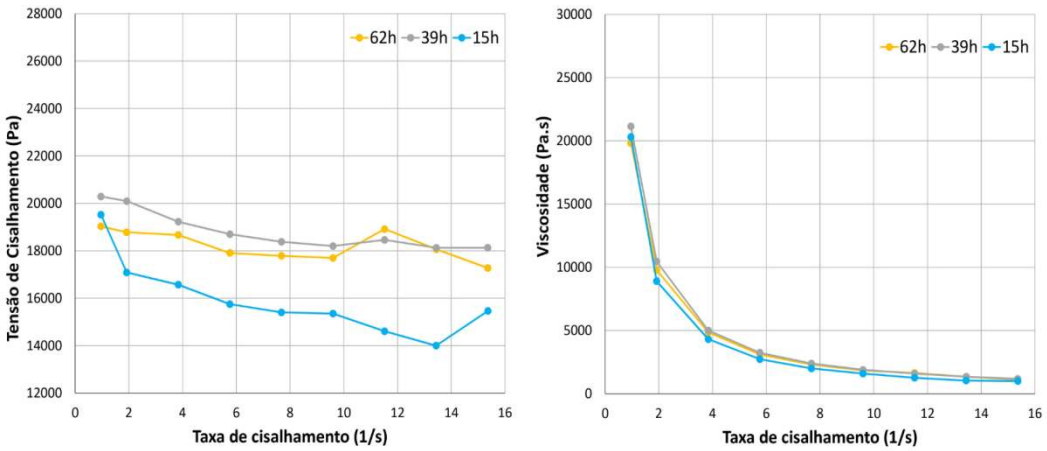
Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas as relações entre tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento, bem como de viscosidade e taxa de cisalhamento, obtidos para os diferentes tempos de armazenamento. Observa-se, na Figura 2, que com o aumento do tempo de armazenamento, diminui a área de histerese (diferenças de comportamento entre aceleração e desaceleração). O aumento da área de histerese significa que o processo de mistura foi menos eficiente em suprir a energia requerida para a quebra de todos os aglomerados[3]. Portanto, à medida que se aumenta o tempo de armazenamento, mais estável reologicamente se comporta o sistema (menor a área de histerese). No entanto, ocorreu aumento da tensão de cisalhamento para as argamassas com 39h e 62h, embora a viscosidade tenha permanecido praticamente constante (Figura 3). Cabe ressaltar que esse comportamento não foi influenciado pela perda de água ao longo do tempo (Tabela 4), o que indica, possivelmente, que a água inicialmente disponível para lubrificação das partículas pode ter sido consumida pela hidratação do cimento ou aprisionada entre as partículas.

Figura 02 – Curvas de tensão de Cisalhamento e viscosidade *versus* taxa de cisalhamento



Fonte: Autores, 2023

Figura 3 – Volta das curvas de tensão de cisalhamento e viscosidade *versus* taxa de cisalhamento.



Fonte: Autores, 2023.

4. CONCLUSÕES

A partir dos valores obtidos, observou-se redução do índice de consistência com o tempo de armazenamento, no entanto, o mesmo não ocorreu para o teor de ar incorporado, que permaneceu praticamente constante. Em relação aos parâmetros reológicos, houve um aumento da tensão de cisalhamento para as argamassas com 39h e 62h, no entanto, a viscosidade permaneceu praticamente constante. Os resultados demonstram que há variação das propriedades da argamassa ao longo do tempo de armazenamento.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de Iniciação Científica (IC) e ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pelo financiamento desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASALI, J. M. et al **Influence of cement type and water content on the fresh state properties of ready mix mortar**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 33-52, abr./jun. 2018.

2. RAMOS, M. G.; VIEIRA, F. L.; PILEGGI, R. G.;CASALI, J. M.; BETIOLI, A. M. **Efeito do tipo de mistura manual e mecânica nas propriedades de argamassa industrializada**, In: XII Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas, Anais [...]. São Paulo, 2017.

3. FRANÇA, M. S. DE; CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G. **Avaliação do comportamento de mistura de argamassas através de reometria rotacional**. Ambiente Construído, v. 12, n. 2, p. 165-174, abr. 2012.

4. CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V M. (3). **Caracterização reológica de argamassa pelo método de squeeze-flow.** VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Florianópolis, 2005.

5. 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: ABNT, 2005.

6. _____. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

7. HICKEL, G. C.; CORRÊA, T. G.; DUARTE,G. L. B.;KARKOTLI, L. B.; SILVA, B. J; SOUZA, R. A.; OLIVEIRA, A. L. **Metodologia para compatibilização de configurações distintas de ensaio de Reometria Rotacional de concreto em estado fresco para reômetro Pheso**. In: 61º Congresso Brasileiro do Concreto, 2019, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza, 2019.