XIII SBTA
Simpósio Brasileiro de Tecnologia das ARGAMASSAS
11-13 | JUNHO | 2019 | GOIÂNIA | GO

CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS E ESTABILIZADAS DISPONÍVEIS EM CAXIAS DO SUL/RS

Tema: Tecnologia dos materiais.
Grupo: 2

DANIEL ROTILLI BRUGALI[1], EDIMARA CASAGRANDE[2], CARINA MARIANE STOLZ[3]

[1]Engenheiro Civil, Centro Universitário da Serra Gaúcha, FSG danielrbrugali@gmail.com
[2] Engenheira Civil, Centro Universitário da Serra Gaúcha, FSG edimara.casagrande@live.com
[3]Doutora em Engenheria Civil pela UFRGS e Professora pela FEEVALE, carimstolz@yahoo.com.br

RESUMO
As argamassas são amplamente utilizadas nas obras de construção civil, e apesar disso existe pouco conhecimento de suas propriedades e controle tecnológico. Com isso, o aparecimento de manifestações patológicas depende diretamente da qualidade da mão de obra e dos produtos utilizados. Este trabalho teve como objetivo caracterizar três argamassas industrializadas e três estabilizadas comercializadas na cidade de Caxias do Sul/RS, e compará-las entre si, buscando suas diferenças ou semelhanças. Constatou-se que, apesar de todas as argamassas serem comercializadas para o mesmo uso, apresentaram propriedades distintas nos ensaios no estado fresco e nos ensaios no estado endurecido.

Palavras-chave: propriedade das argamassas, argamassas estabilizadas, argamassas industrializadas

CHARACTERIZATION OF DRY AND READY-TO-USE MORTARS COMMERCIALIZED IN CAXIAS DO SUL/RS

ABSTRACT
Mortars are widely used in civil construction, and despite this there is little knowledge of their properties and technological control. With this, the appearance of pathological manifestations depends directly on the quality of the workforce and the products used. This work aims to characterize three dry mortars and three ready-to-use mortars commercialized in the city of Caxias do Sul/RS, and compare them with each other, seeking their differences or similarities. It was found that, although all the mortars were commercialized for the same use, as internal and external renderings, they presented different properties in the fresh and hardened tests.

Key-words: Mortar Properties. Ready-to-Use Mortar. Dry Mortar.

1. INTRODUÇÃO

As argamassas de revestimento são amplamente utilizadas na construção civil, e infelizmente devido aos prazos de entrega das construções cada vez mais curtos, essa etapa acaba recebendo menos atenção dos profissionais envolvidos. Consequentemente, geram manifestações patológicas que comprometem a qualidade e durabilidade da edificação, somando-se a isso a dificuldade e o alto custo de correção. A necessidade de modernização de produtos e métodos construtivos acabam sendo necessários para acompanhar este ritmo e manter a qualidade de seus sistemas.

No contexto de melhoria dos produtos, surgem as argamassas estabilizadas e industrializadas, que possuem um maior controle tecnológico no momento da dosagem em fábrica, visando eliminar problemas resultantes da produção e dosagem das argamassas em canteiro de obra.

Deste modo, nesse trabalho foram analisadas três argamassas estabilizadas e três industrializadas disponíveis em Caxias do Sul/RS. Com base na NBR 13281[(1)], norma de requisitos da argamassa, as amostras foram ensaiadas com o intuito de verificar suas propriedades. Além dos ensaios sugeridos nesta norma, foi necessário realizar outras avaliações para uma caracterização completa. Com os resultados apresentados, foram realizados comparativos entre as argamassas, avaliando suas semelhanças ou diferenças, e complementarmente, avaliando suas propriedades quando da sua aplicação como revestimento.

2. MÉTODO

Para uma melhor compreensão e preservar os nomes das empresas fornecedoras foram definidos alguns códigos para cada argamassa, as argamassas estabilizadas foram classificadas em AE1, AE2 e AE3, já as industrializadas foram classificadas em AI1, AI2 e AI3.

Os ensaios realizados neste trabalho, tanto no estado fresco e endurecido foram baseados em normas brasileiras em vigor. A maioria dos ensaios executados basearam-se nos requisitos das argamassas, segundo a NBR 13281[(1)]. Entretanto, foi entendida a necessidade de realizar outras análises, sendo estes os ensaios de *squezze-flow* e de índice de consistência. Os ensaios no estado fresco foram realizados logo após a mistura, sendo assim, neste trabalho não foram avaliadas as variações das propriedades ao longo do tempo de utilização. As argamassas industrializadas foram dosadas com a quantidade de água recomendada pelos fabricantes, já as argamassas estabilizadas foram recebidas prontas dos respectivos fabricantes.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresentação dos resultados foi dividida em duas partes, a primeira apresentando os ensaios no estado fresco e a segunda apresentando os ensaios no estado endurecido.

ISSN 1984-8757

3.1. Ensaios estado fresco

Os resultados dos ensaios no estado fresco serão apresentação na tabela 1 e discutidos nos itens abaixo.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios no estado fresco

Argamassa	Índice de consistência (mm)	Densidade no estado fresco (kg/m³)	Teor de ar incorporado	Retenção de água	Classificação
	NBR 13276:2005	NBR 13278:2005	NBR 13278:2005	NBR 13277/2005	NBR 13281/2005
AE1	242	1820,2	19,00%	97,00%	D4-U6
AE2	227	1696,9	19,50%	98,40%	D3-U6
AE3	239	1752,2	18%	95,70%	D4-U5
AI1	333	2067,4	4,10%	93,50%	D5-U5
AI2	256	1873	17,00%	97,40%	D4-U6
AI3	302	1839,3	16,00%	96,90%	D4-U6

Nos resultados de índice de consistência pode-se observar que praticamente todos os resultados apresentaram pouca variação entre eles, com exceção das argamassas AI1 e AI3. Além disso, é importante mencionar que mesmo sendo um ensaio de fácil aplicação e estando presente na norma brasileira, o índice de consistência não permite uma clara avaliação reológica da argamassa [3] [10].

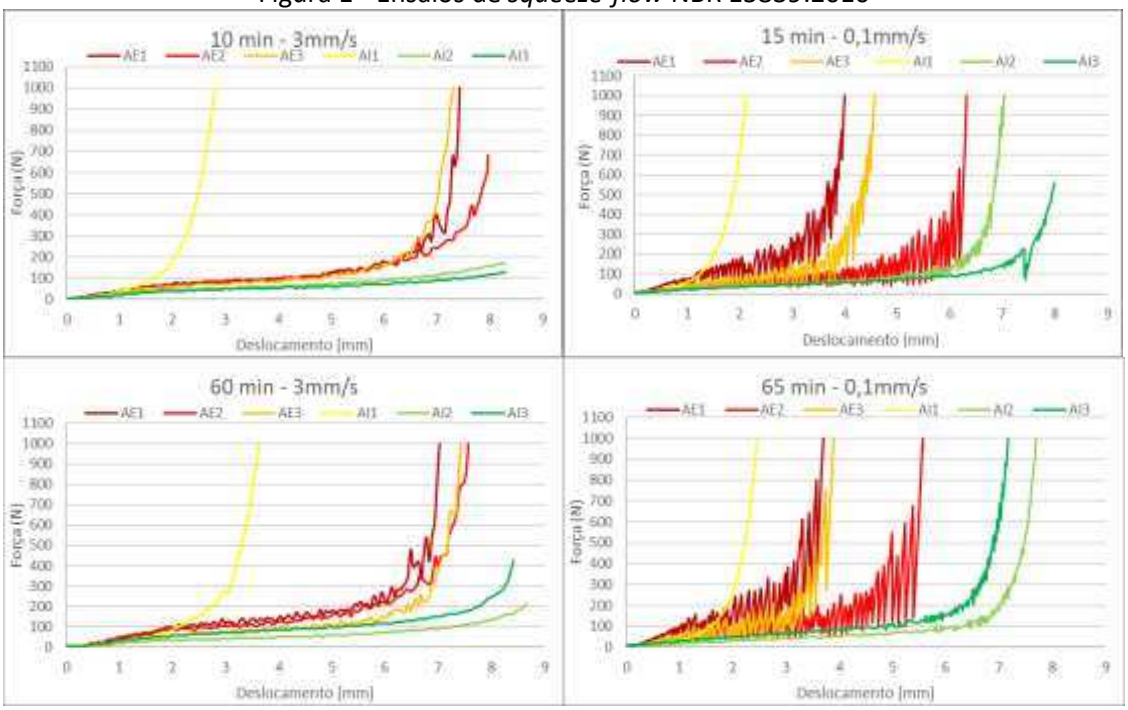
Na análise da densidade de massa no estado fresco pode-se notar que todas as argamassas estabilizadas apresentaram um valor mais elevado que as industrializadas. Como já previsto em outros estudos [10] [9] [5], o teor de ar incorporado de todas as argamassas estabilizadas foi superior, sendo diretamente proporcional o aumento do teor de ar incorporado com a diminuição da densidade de massa. Este é um comportamento esperado, pois as argamassas estabilizadas normalmente possuem incorporadores de ar em sua composição [8].

Apesar de todas argamassas estabilizadas terem apresentado teores de ar incorporado mais altos, duas argamassas industrializadas também obtiverem valores altos de ar incorporado, as argamassas AI2 e AI3. Pelo contrário, a argamassa AI1 apresentou um valor mais baixo de ar incorporado (4,1%) e uma densidade de massa mais alta (2067,4kg/m³), quando comparada com as demais.

Comparando os ensaios de retenção de água com os ensaios de ar incorporado vistos anteriormente, pode-se perceber que, no geral, as argamassas com maior quantidade de ar incorporado possuem uma retenção de água superior em comparação com as que apresentaram menor quantidade de ar incorporado. Além disso, não se percebeu nenhuma relação direta entre as argamassas estabilizadas em relação com as argamassas industrializadas, sendo que a retenção de água depende de inúmeros fatores como tipo e quantidade de aglomerante, adição de aditivos retentores de água entre outros.[5]

O ensaio de *squeeze-flow* é utilizado para uma melhor análise da argamassa no estado fresco, pois conforme Cardoso et al. [6] simula as etapas de espalhamento, nivelamento e acabamento do revestimento. Os resultados de *squeeze-flow* podem ser encontrados na figura1. Estes resultados apresentam uma nítida diferença de comportamento entre a argamassa AI1, as argamassas AE1, AE2 e AE3 e as argamassas AI1 e AI3.

Figura 1 - Ensaios de *squeeze-flow* NBR 15839:2010



A argamassa AI1 apresentou uma maior resistência ao fluxo, tendo deslocamento máximo de aproximadamente 3mm e encerrando o ensaio por atingir a força máxima de 1000 N, o que pode ser explicado pela influência do teor de ar incorporado ser menor em relação às demais. Nesta argamassa, o estágio de enrijecimento por deformação dos grãos ocorreu precocemente, isso dá indícios de ela apresentar maior dificuldade na aplicação, pela sua resistência ao espalhamento. Vale ressaltar que a medida que o estágio II apresenta um intervalo maior, a argamassa apresenta "[...] um comportamento que favorece a produtividade na aplicação da argamassa" [6].

Analisando esta mesma argamassa (AI1) nos diferentes tempos de ensaio, percebe-se que ocorreu o contrário do que se esperava, pois foi a que apresentou o menor valor de retenção de água e que poderia proporcionar uma perda maior de trabalhabilidade e dificultar o fluxo. Através de pesquisa bibliográfica, verificou-se que, segundo Cardoso et al.[6], o tempo de consolidação da argamassa pode contribuir para que esta escoe com maior facilidade ao longo do tempo.

ISSN 1984-8757

As argamassas AE1, AE2 e AE3 apresentaram um estágio II mais longo, com deslocamentos de até, aproximadamente, 8 mm e, posteriormente, um baixo deslocamento com aumento de carga, devido ao enrijecimento por deformação dos grãos (estágio III). As argamassas AI2 e AI3 apresentaram uma menor resistência ao fluxo, necessitando de menores cargas para se deslocar e apresentando maior resistência o escoamento ao longo do tempo, aos 60 e 65 minutos. Para a maior velocidade, o estágio de enrijecimento por deformação dos grãos praticamente não foi observado.

Para a análise das demais argamassas percebe-se ao aplicar-se a carga de maneira mais lenta (0,01 mm/s) os gráficos apresentam maior descontinuidade em sua curva, sendo mais acentuadas nas argamassas estabilizadas. Isso ocorre pela acomodação dos grãos e saída de bolhas de ar da argamassa, permitida pela baixa velocidade de aplicação da carga, podendo ser acentuadas pelo teor de ar incorporado destas argamassas [6]. Em velocidades mais altas, não há tempo suficiente para este reposicionamento.

Em geral, a execução dos ensaios ao longo do tempo não mostrou grandes variações no fluxo das argamassas, mostrando que elas possuem boa retenção de água e manutenção de suas propriedades no estado fresco. É importante salientar que apesar de não ter sido encontrado nenhum resultado discrepante em relação ao ensaio de squeeze-flow da argamassa AE1, ela possuía uma quantidade de impurezas visualmente perceptíveis em sua composição, como torrões de argila.

3.2 Ensaios no estado endurecido

Os resultados no estado endurecidos serão apresentados na tabela 2 e discutidos em seguida.

Tabela 2 - Resultados no estado endurecido

Argamassa	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Ductilidade (Rt/Rc)	Densidade de massa aparente (kg/m³)	Coeficiente de Capilaridade (g/(dm².min^1/2)	Classificação
	NBR 13279/2005	NBR 13279/2005	-	NBR 13280/2005	NBR 15259/2005	NBR 13281/2005
AE1	1,16	1,12	1,04	1686,53	1,58	R2-P1-M4-C2
AE2	1,7	4,68	0,36	1578,38	1,71	R2-P4-M4-C2
AE3	2,17	6,75	0,32	1647,84	1,87	R3-P5-M4-C2
AI1	1,22	2,95	0,41	1910,06	9,4	R2-P3-M5-C5
AI2	2,65	7,23	0,37	1773,58	3,29	R4-P5-M5-C3
AI3	1,54	2,86	0,54	1674,95	6,19	R2-P3-M4-C4

Analisando os resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão e de compressão as argamassas AE3 e AI2 se destacaram pelos resultados superiores às demais. Já a argamassa AE1, que apesar de não apresentar um valor tão baixo na resistência à tração na flexão, mostrou um valor muito baixo para compressão. Além disso, não foi notado nenhum padrão de resistência em relação aos valores encontrados nos estados fresco.

ISSN 1984-8757

Outra análise que pode ser feita com ambos os ensaios mecânicos está baseada nos estudos de Veiga [11], onde a ductilidade é o resultado da resistência à tração na flexão dividida pela resistência à compressão. Dessa forma, quanto mais próximo os valores de ductilidade estiverem de 1, menor será a tendência de fissuração da argamassa. Analisando os resultados obtidos percebe-se que a argamassa com menor tendência de fissuração é a AE1, que apresentou um resultado bem mais elevado que as demais. Mas vale ressaltar que este resultado pode estar relacionado às baixas resistências à compressão dessa argamassa. Já a segunda argamassa com menor tendência é a AI3, e em seguida as argamassas AI1, AI2, AE2 e por último a AE3, onde possui um valor de ductilidade de 0,32.

Comparando os resultados de densidade de massa aparente, como esperado, houve uma pequena perda de densidade de massa em todas as argamassas, em relação ao estado fresco e endurecido, de 5,3% a 8,9%. Estes valores ficam dentro dos limites citados por Carasek [5], onde os corpos de prova secos ao ar reduzem a densidade de massa entre 3% e 11%, em relação ao estado fresco.

Quando analisados os resultados de coeficiente de capilaridade, percebe-se que todas as argamassas estabilizadas apresentaram valores médios inferiores em comparação com as industrializadas, isto possivelmente ocorre devido a adição de aditivos incorporadores de ar que diminuem a permeabilidade das argamassas [9].

A última propriedade analisada e uma das mais importantes é a resistência potencial de aderência à tração, resultados que podem ser encontrados na tabela 3. Este é um parâmetro que pode servir para analisar a argamassa quanto à sua utilização. Deste modo, a NBR 13749 [2], descreve que as argamassa que possuírem 8 dos 12 corpos de prova com resultados iguais ou maiores que 0,30 MPa podem ser utilizadas para revestimentos internos e externos, já resultados entre 0,20 MPa e 0,30 MPa somente podem ser utilizadas internamente. Neste contexto, os resultados que forem inferiores a 0,20 MPa não podem ser utilizados para revestimentos.

Tabela 3 - Resistência potencial de aderência à tração

Resistência potencial de aderência à tração (NBR 15258/2005)							
Argamassa	Média (MPa)	DP (MPa)	CV	Forma de Ruptura (%)			
				Substrato	Sub/Arg.	Argamassa	Falha
AE1	0,00	0,00	0,0%	-	-	100%	-
AE2	0,38	0,05	11,9%	-	-	100%	-
AE3	0,44	0,12	26,1%	-	40%	40%	20%
AI1	0,31	0,10	32,3%	-	100%	-	-
AI2	0,47	0,15	32,5%	-	80%	20%	-
AI3	0,27	0,12	43,0%	-	30%	40%	30%

Como este ensaio depende bastante da interpretação, foi adicionado a forma de ruptura e sua respectiva porcentagem. As argamassas AE2, AE3, AI1 e AI2 apresentaram resultados superiores a 0,30 MPa podendo estar liberadas para uso interno e externo em revestimentos. Já a argamassa AI3 só poderia ser utilizado para revestimento interno, apesar de ter apresentado uma resistência muito próxima de 0,30 MPa. O resultado mais preocupante foi o da argamassa AE1, que não foi nem possível realizar os ensaios sendo que os corpos de prova romperam somente com o ajuste do equipamento onde a forma de ruptura de todos foi na argamassa.

A partir dos resultados, percebeu-se que nenhuma das argamassas passou o limite crítico citado por Carasek [5], onde argamassas com teores acima de 20% de ar incorporado podem prejudicar a aderência. A mesma autora ainda comenta que valores menores podem gerar benefício, melhorando a trabalhabilidade e por consequência sua aderência. Por outro lado, não se observou uma relação direta entre resistência de aderência e ar incorporado, que pode ser explicado pelo simples fato que estes são produtos diferentes, com agregados, aglomerantes, aditivos e quantidades de água distintas.

4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados, concluiu-se que apesar destas argamassas serem comercializadas para o mesmo uso, no geral, apresentaram propriedades distintas. A única norma brasileira que apresenta pré-requisitos para utilização deste material é a NBR 13749 [2]. Com isso, nota-se que a argamassa AI3 apresentou um valor muito próximo deste limite (0,27 MPa), mas seria recomendada apenas para uso interno. A única argamassa que apresentou um valor preocupante foi a AE1, que manifestou um resultado igual a zero, não sendo recomendada para utilização de revestimento. No entanto, ressalta-se que os resultados se basearam na análise de apenas um lote de cada argamassa, sendo assim algumas argamassas podem ter apresentado resultados não desejados causados por problemas isolados, como o caso de areia contaminada.

Também destaca-se os resultados de coeficiente de capilaridade onde as argamassas estabilizadas apresentaram valores bem abaixo comparadas com as argamassas industrializadas. Vale uma atenção para a argamassa AE1 que apresentou resistência baixa a abrasão, isto é, esfarelamento com o passar do dedo, sendo que esta foi a mesma que teve um resultado baixo de resistência à compressão. Além disso, outro fator que pode ter influenciado foi a presença de torrões de argila identificados em sua composição [5].

Por fim, percebe-se que apesar de existirem normas nacionais para os diversos ensaios realizados neste estudo, ainda existe uma dificuldade para projetistas e engenheiros localizarem valores mínimos de referência que as argamassas de revestimento devem apresentar. Atualmente estes profissionais baseiam-se apenas em suas próprias experiências e em aplicações empíricas. Esta lacuna nas normas brasileiras não é novidade, sendo que outros autores já mencionaram este mesmo problema [4] [8].

ISSN 1984-8757

5. REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 1996.

3. BANFILL, P. F. G. The rheology of fresh mortar: a review. In: Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas, 6., 2005, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: SBTA, 2005. p. 73-82. Disponível em: http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/237-the-rheology-of-the-fresh-mortar-a-review>. Acesso em: 02 jun. 2018.

4. BAUER, E.; FEITOSA, C. P.; FILHO, H. R.; DE ALMEIDA, P. O. Análise comparativa dos requisitos e do desempenho de argamassas de revestimento empregadas em obras do distrito federal. In: Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas, 10., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBTA, 2013. p.1‑17.

5. 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.

6. 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.

7. FILHO, H. R. **Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados aos critérios de emprego e utilização.** 2013. 268 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

8. RECENA, F. A. P. **Conhecendo a argamassa**. 2. Ed. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2012.

9. RESENDE, P. S. O. Efeito do ar incorporado em argamassas de revestimentos. 2010. 99 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

10. STOLZ, C. M. **Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento.** 2011. 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

11. VEIGA, M. R. S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes: contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação.** 1998. 522 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, Porto, 1998.