XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Ensaio *squeeze-flow* sobre substrato de cerâmica vermelha: comparativo com método normativo

Squeeze-flow test on red ceramic substrate: comparative with normative method

Rafaella Salvador Paulino
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | rafaellaspaulino@gmail.com
Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | mariennemaron@gmail.com

Resumo

Este estudo avaliou o comportamento reológico de argamassas de diferentes constituições sobre substrato de bloco cerâmico. Foram preparados seis traços, mantendo-se fixa a relação aglomerantes/agregados em 1:3, em volume, com o aumento gradativo do teor de cal. Os resultados do ensaio de Squeeze-flow mostraram uma diminuição do deslocamento (em torno de 47%) quando a argamassa é aplicada sobre o substrato cerâmico em comparação com a placa metálica não absorvente, normatizada para o ensaio. Concluiu-se que embora o ensaio normativo ainda não permita reproduzir fielmente a aplicação de campo, diante das condições estudadas, o comportamento reológico das argamassas foi influenciado tanto pelas suas características quanto pela absorção capilar do substrato.

Palavras-chave: Reologia. Argamassa de revestimento. Reboco.

Abstract

This study evaluated the rheological behavior of mortars of different constitutions on ceramic block substrate. Six mixtures were prepared, keeping the binder/aggregate ratio fixed at 1:3, by volume, with a gradual increase in lime content. The results of the Squeeze-flow test showed a decrease in displacement (around 47%) when the mortar is applied on the ceramic substrate compared to the non-absorbent metal plate, standardized for the test. It was concluded that although the normative test still does not allow to faithfully reproduce the field application, under the conditions studied, the rheological behavior of the mortars was influenced both by its characteristics and by the capillary absorption of the substrate.

Keywords: Rheology. Coating mortars. Rendering mortars.

Como citar:
PAULINO, R. S.; COSTA, M. R. M. M. Ensaio *squeeze-flow* sobre substrato de cerâmica vermelha: comparativo com método normativo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-11.

INTRODUÇÃO

Os revestimentos de argamassa têm como funções principais a proteção dos elementos de vedação da ação direta dos agentes agressivos, melhora do conforto térmico e acústico, regularização da superfície, podendo ser utilizados como revestimento final ou servir de base para outra camada de revestimento, contribuir para a estética de vedações e fachadas, entre outros [1]. Seu desempenho e durabilidade são definidos a partir de diversos tipos de ensaio, que podem ser realizados somente na argamassa ou após a aplicação do revestimento sobre diferentes substratos [2].

Quando aplicadas sobre substratos de diferentes características, fatores como porosidade, rugosidade e absorção de água também podem impactar no comportamento das argamassas. Isso acontece porque a interação entre a absorção de água do substrato e a capacidade de retenção de água da argamassa controla como a pasta de cimento flui através da interface argamassa/substrato [3]. Portanto, a quantidade de água disponível pode afetar adversamente a consistência, a homogeneidade e o posteriormente, o seu desempenho de resistência à aderência.

Nas argamassas de revestimento, a consistência pode dificultar os procedimentos de nivelamento e acabamento da superfície, portanto, é desejável preparar argamassas trabalháveis, caracterizadas como aquelas que têm plasticidade e se espalham facilmente sobre superfícies. A trabalhabilidade é aprimorada pelo uso de agregados lisos e bem graduados, cal, aditivos incorporadores de ar e quantidades adequadas de água de mistura [4].

Nesse sentido, o método *squeeze-flow* tem sido utilizado para avaliar o comportamento reológico das argamassas. Ele consiste na compressão de uma amostra cilíndrica de argamassa entre duas placas paralelas com controle de velocidade e carga [5]. Pesquisas com argamassas de revestimento [6], argamassas colantes [7, 8] argamassas reforçadas com fibras [9], argamassas extrudadas [10] e argamassas à base de cimento [11], têm sido realizadas nos últimos anos, utilizando-se deste método. Essas pesquisas focaram no *squeeze-flow* como uma ferramenta para avaliar o comportamento reológico de diferentes composições de argamassa em superfícies não absorventes.

Por outro lado, a configuração do *squeeze-flow* quando a argamassa é aplicada sobre um substrato de bloco cerâmico é muito mais próxima da realidade, pode fornecer informações relevantes sobre a interação entre a argamassa e a superfície do substrato no desenvolvimento da aderência [5] e é considerada uma função linear do espalhamento da argamassa, ou seja, quanto maior a absorção do substrato menor o espalhamento da argamassa [12]. Além disso, após a aplicação da argamassa fresca sobre o substrato, há uma série de fatores que interferem fortemente no seu desempenho mecânico em endurecido, como: (a) molhagem do substrato pelo contato com a argamassa e consequente sucção capilar; (b) transporte das partículas mais finas para a interface devido ao fluxo capilar; (c) equilíbrio da umidade entre substrato e argamassa; (d) hidratação do cimento; e (e) formação de fase sólida coesiva entre substrato e argamassa [13, 14].

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento reológico de argamassas, por meio do ensaio *squeeze-flow,* alterando os teores de aglomerantes e água de amassamento, sobre duas condições: aplicadas sobre base metálica e sobre bloco cerâmico.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DOS AGLOMERANTES

Na produção das argamassas foi utilizado o cimento Portland CP II-F-32, usualmente utilizado em argamassas na região de estudo e em conformidade com os requisitos da NBR 16697 (ABNT, 2018) [15]. A massa específica do cimento é de 3,07 g/cm³, massa unitária de 1067,10 kg/m³, e superfície especifica de 3450cm²/g, determinadas de acordo com a NBR 16605 (ABNT, 2017) [16], NBR NM 45 (ABNT, 2006) [17], e NBR 16372 (ABNT, 2015) [18], respectivamente. A cal hidratada utilizada foi a CH III, cal dolomítica, composta de hidróxidos de cálcio e magnésio, atendendo aos requisitos técnicos da norma NBR 7175 (ABNT, 2003) [19], de massa específica de 2,45 g/cm³, massa unitária de 599,38 kg/m³, e superfície específica de 618cm²/g determinadas com base nas prescrições das mesmas normas utilizadas para os ensaios de cimento.

As especificações do cimento Portland fornecidas pelo fabricante estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Especificações do CP II-F-32

CP II-F-32		**Limite NBR 16697 (2018)**
Características físicas		
Início do tempo de pega (min.)	195	≥ 60
Fim do tempo de pega (min.)	255	≤ 600
Resíduo insolúvel (%)	1,08	≤ 7,5
Resistência à compressão - 1 dia (MPa)	15,0	N/A
Resistência à compressão - 3 dias (MPa)	28,4	≥ 10
Resistência à compressão - 7 dias (MPa)	34,9	≥ 20
Resistência à compressão - 28 dias (MPa)	41,4	≥ 32
Características químicas		
Al_2O_3 (%)	4,18	-
SiO_2 (%)	18,56	-
Fe_2O_3 (%)	2,65	-
CaO (%)	60,11	-
MgO (%)	3,69	N/A
SO_3 (%)	2,57	≤ 4,5
Perda de fogo (%)	6,41	≤ 12,5
CaO livre (%)	1,15	-

Fonte: o autor.

CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO

O agregado miúdo utilizado foi a areia quartzosa, proveniente do rio Paraná, cujas propriedades físicas foram determinadas por meio da execução dos ensaios prescritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Normas do MERCOSUL (NM), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização física da areia

Propriedade	Norma técnica	Valor
Módulo de finura (-)	NBR NM 248 (ABNT, 2003) [20]	1,820
Dimensão máxima característica (mm)	NBR NM 248 (ABNT, 2003) [20]	1,2
Classificação	NBR NM 248 (ABNT, 2003) [20]	Fina
Massa unitária – estado solto (g/cm³)	NBR NM 45 (ABNT, 2006) [17]	1,492
Massa unitária – estado compactado (g/cm³)	NBR NM 45 (ABNT, 2006) [17]	1,640
Massa específica (g/cm³)	NBR NM 52 (ABNT, 2009) [21]	2,62
Material pulverulento (%)	NBR NM 46 (ABNT, 2003) [22]	1,34
Absorção (%)	NBR NM 30 (ABNT, 2000) [23]	0,90

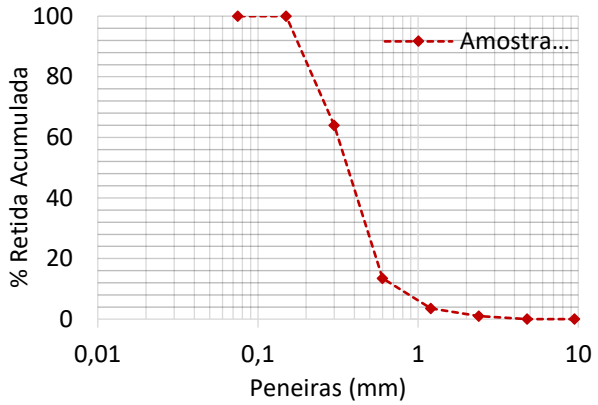
Fonte: o autor.

A composição granulométrica da areia está apresentada na Tabela 3 e na sequência, a curva granulométrica está ilustrada no Gráfico 1, conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003) [20].

Tabela 3: Composição granulométrica da areia

Peneira	Massa retida (g)	% retida	% retida acum.
4,8	0,0	0,0	0,0
2,4	5,0	1,0	1,0
1,2	12,5	2,5	3,5
0,6	50,0	10,0	13,5
0,3	252,5	50,5	64,0
0,15	180,0	36,0	100,0
Fundo	0,0	0,0	100,0

Gráfico 1: Curva granulométrica da areia



CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO

Foram utilizados dois tipos de substratos para os testes: uma placa metálica não absorvente e um bloco cerâmico. Quanto ao tipo de bloco, era de cerâmica vermelha, perfurado horizontalmente, com dimensões médias de 90 x 140 x 240mm. A taxa inicial de absorção de água do bloco cerâmico (IRA), determinada conforme NBR 15270-3 (ABNT, 2005) [24], foi de 0,08 g/cm².min. Após cinco minutos, era de 0,16 g/cm².min e o coeficiente de absorção capilar de água igual a 0,057 g/cm².min.

PREPARO DAS ARGAMASSAS

A definição dos traços das argamassas levou em consideração a variação do teor de aglomerantes para possibilitar o mapeamento das interrelações das suas propriedades

de maneira isolada e também atuando como revestimento sobre blocos cerâmicos. As nomenclaturas, traços (em massa e volume), consumos de materiais (cimento, cal, areia e água), relação água/cimento (a/c) e relação água/materiais secos (a/ms) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Consumo de materiais para 1,3kg de argamassa

Nome (-)	Traço (em volume)	Traço (em massa)	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	Água (ml)	Relação (a/c)	Relação (a/ms)
Arg1	1:3	1:3,88	266,58	-	1033,42	241,28	0,91	0,19
Arg2	1:0,5:4,5	1:0,28:5,81	183,21	51,45	1065,34	251,21	1,37	0,19
Arg3	1:1:6	1:0,56:7,75	139,56	78,39	1082,05	252,47	1,81	0,19
Arg4	1:1,5:7,5	1:0,84:9,69	112,71	94,96	1092,33	259,79	2,30	0,20
Arg5	1:2:9	1:1,12:11,63	94,52	106,19	1099,29	270,24	2,86	0,21
Arg6	1:3	1:6,90	-	164,52	1135,48	302,71	1,84	0,23

Fonte: o autor.

Optou-se pela utilização de argamassas com diferentes módulos de deformação e para isso, partiu-se de uma argamassa mais rígida, composta apenas por cimento, areia e água, não possuindo cal na sua constituição (Arg1) e de forma sequencial, a fim de alterar a rigidez das argamassas e torna-las mais deformáveis, optou-se por utilizar traços em que houvesse aumento no consumo de cal e uma redução no consumo de cimento (Arg2, Arg3, Arg4 e Arg5) até atingir o último traço de argamassa, constituída apenas por cal, areia e água, sem a incorporação de cimento (Arg6). O procedimento de mistura das argamassas seguiu o estabelecido pela ABNT NBR 13276:2016 [36].

PROPRIEDADES AVALIADAS NAS ARGAMASSAS

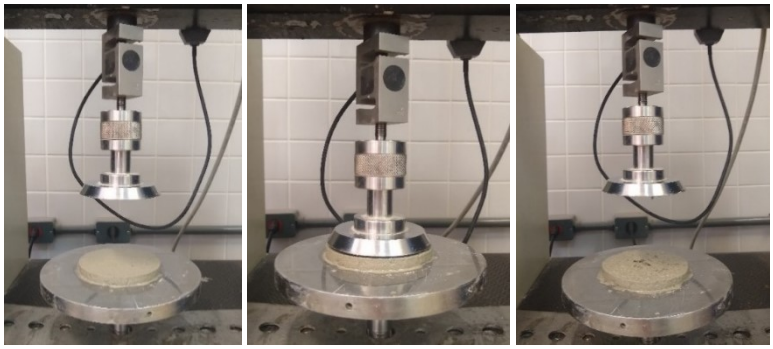
No estado fresco, as argamassas foram submetidas ao ensaio de índice de consistência, a fim de padronizar o espalhamento na mesa *flow table* em (260 ± 5) mm, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016) [25], densidade de massa fresca e teor de ar incorporado, conforme a NBR 13278 (ABNT, 2005) [26].

Com relação ao seu comportamento reológico, as argamassas foram avaliadas pelo método de *squeeze-flow*. O ensaio foi realizado conforme prescreve a norma NBR 15839 (ABNT, 2010) [27], na prensa EMIC (Figura 1), cujas configurações estão descritas na sequência:

- As amostras foram desenvolvidas com 10mm de altura e 101mm de diâmetro;
- Utilizou-se no equipamento uma célula de carga de 5kNA;
- A velocidade de descolamento foi considerada em 1mm/s.

De acordo com Cardoso (2009) [28], a velocidade recomendada para esse ensaio pode variar de 0,1mm/s a 3mm/s, já que essa faixa atua dentro dos fenômenos práticos que ocorrem na aplicação da argamassa de revestimento ao substrato.

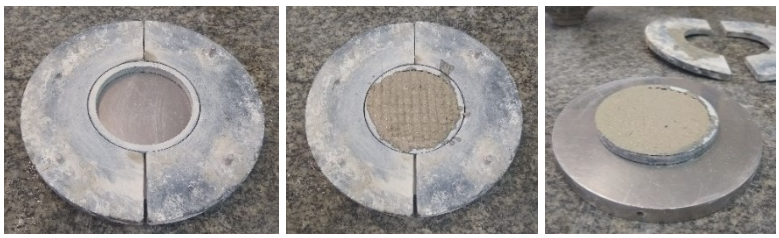
Figura 1: Execução do ensaio *squeeze-flow*



Fonte: o autor.

A fim de avaliar o efeito da sucção do substrato na capacidade de espalhamento da argamassa, o ensaio foi realizado sobre a base metálica normatizada para o ensaio e também sobre substrato cerâmico. Para isso, a placa inferior do equipamento de ensaio foi substituída por blocos cerâmicos. Para as duas condições, foram realizadas três repetições para cada traço de argamassa, tomando-se o cuidado de entre o período para execução do ensaio, a mistura permanecesse coberta por um pano úmido na argamassadeira, evitando a evaporação de água. As Figuras 2 e 3 ilustram as amostras sendo preparadas previamente à execução do ensaio, nas duas condições.

Figura 2: Preparo de amostra para o ensaio *squeeze-flow* sobre base metálica normatizada



Fonte: o autor.

Figura 3: Preparo de amostra para o ensaio *squeeze-flow* sobre substrato cerâmico



Fonte: o autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

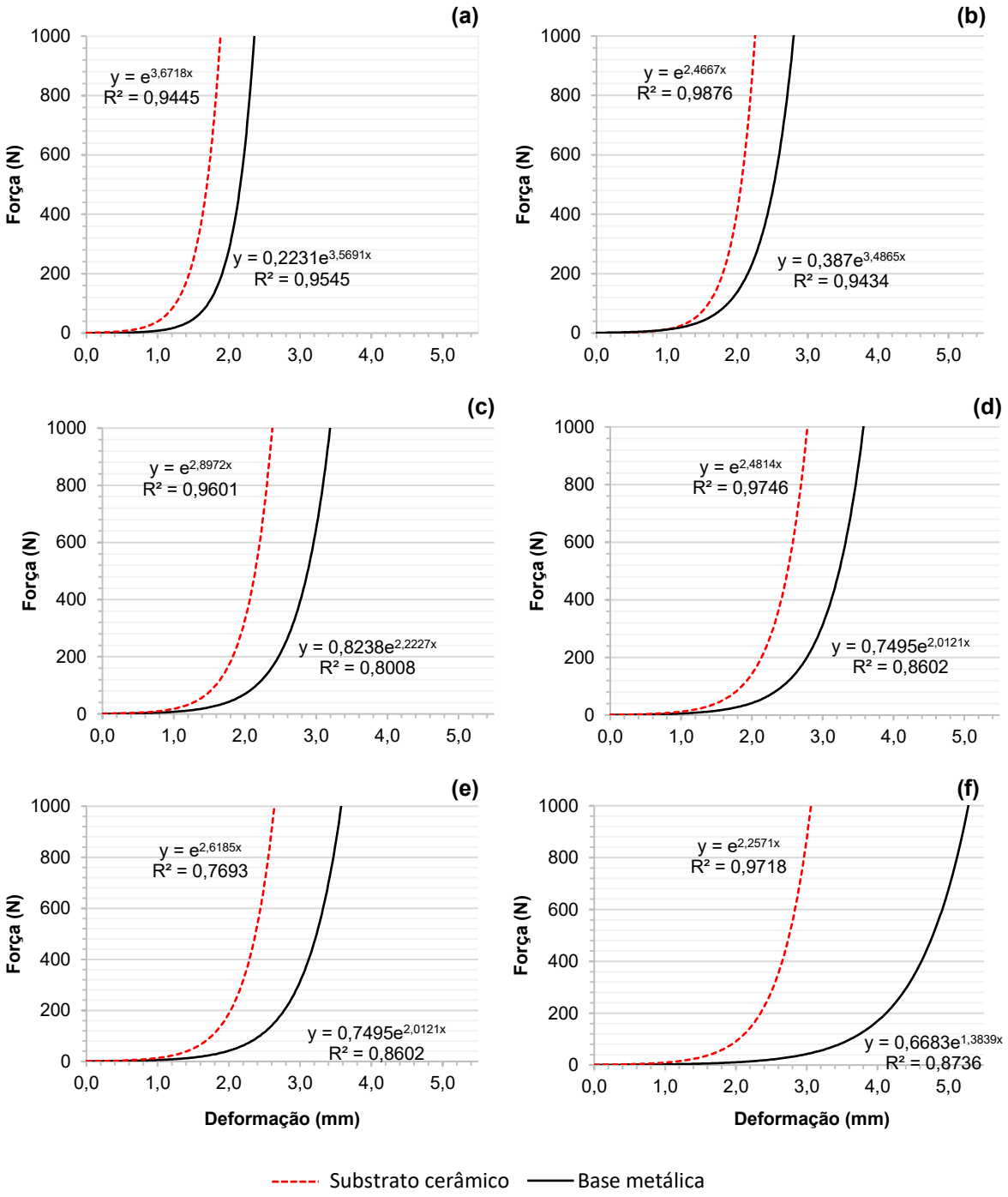
COMPORTAMENTO REOLÓGICO

As curvas de carga-deslocamento do *squeeze-flow* mostram três comportamentos diferentes: primeiro, estágio I ou estágio elástico, onde o material se comporta como sólido em pequenas deformações, associado à tensão de escoamento e a deformação elástica; segundo, estágio II ou estágio plástico, grandes deformações com pouco aumento da carga, associado à deformação radial elongacional, tensão de

cisalhamento e a deformação plástica e fluxo viscoso; terceiro, estágio III ou estágio de embricamento – grandes cargas para aumentar pouco a deformação, associado a forças que restringem o fluxo pela proximidade das partículas e ao enrijecimento por deformação [29].

A Figura 4 mostra as curvas resultantes do ensaio de *squeeze-flow* para as argamassas avaliadas usando duas placas de fundo diferentes: placa metálica não absorvente e substrato de bloco cerâmico.

Figura 4: Ensaios *squeeze-flow* realizados sobre base metálica e substrato cerâmico. (a) Arg1, (b) Arg2, (c) Arg3, (d) Arg4, (e) Arg5, (f) Arg6.



Para argamassas de revestimento, quanto mais extenso for o estágio plástico (estágio II), melhor será o desempenho à aplicação. Isso acontece porque a capacidade de deformar-se indica uma argamassa que poderia ser mais facilmente espalhada, especialmente se associada a uma força mais baixa, indicando um menor esforço requerido do operário de obra que realiza o serviço [29]. É possível notar para todas as amostras, que as argamassas atingiram o estágio de embricamento com baixo deslocamento. O comportamento de embricamento está associado ao atrito entre as partículas devido à restrição da geometria ou aumento da concentração de sólidos na região central entre as placas, o que está relacionado à segregação líquido-sólido [15]. Na configuração do *squeeze-flow*, a segregação líquido-sólido é notavelmente o principal efeito associado ao comportamento de imbricamento.

Quando comparadas as curvas resultantes do ensaio de *squeeze-flow* para a análise reológica das argamassas, observou-se uma maior capacidade de espalhamento do que quando avaliadas sobre superfície metálica não absorvente, em comparação sobre substrato cerâmico. Para a argamassa Arg1 (Figura 4a), por exemplo, a transição para o estágio de imbricamento ocorre a aproximadamente 1,6 mm de deslocamento quando se utiliza a placa metálica, enquanto para as argamassas medidas sobre substrato cerâmico, este valor se aproxima de 1 mm. Estudos anteriores mostram que no ensaio *squeeze-flow,* quando uma superfície lisa é substituída por um bloco absorvente, o teor de água da argamassa diminuiu drasticamente, o que aumenta sua resistência à deformação e consequentemente, reduz a sua capacidade de espalhamento durante a execução do ensaio [30]. Este mesmo comportamento também foi observado em estudos com pastas de cimento [14]. Isso pode ser explicado pelo fato de que há aumento na percolação de água pela estrutura porosa, que é absorvida pelo bloco cerâmico reduzindo o teor de água total da argamassa e desse modo, aumentando sua rigidez durante os testes de *squeeze-flow* [14].

Em termos de constituição da mistura, conforme houve um aumento da incorporação de cal, as argamassas apresentaram um maior escoamento em ambas as configurações (base metálica e substrato cerâmico). Este comportamento indica que a cal melhorou a fluidez da argamassa. Estudos apontam que argamassas com alto teor de cal hidratada apresentaram aumento da plasticidade e trabalhabilidade observados através de maior deslocamento nas curvas do *squeeze-flow* [18]. Isto está aliado ao fato de que a cal é um plastificante mineral que melhora a fluidez dos materiais cimentícios ao reduzir o atrito entre partículas, que por sua vez contribui para a repulsão eletrostática entre as partículas [31, 32, 33].

A argamassa de revestimento é uma composição heterogênea, formulada com ampla extensão granulométrica e utilizando-se matérias-primas com distintas características físico-químicas e mineralógicas, que deve fluir de forma homogênea quando aplicada sobre a substrato. Por isso, a água utilizada para a mistura tem a função de recobrir a superfície das partículas e afastá-las para tornar o conjunto fluido [14]. Quanto mais rápida a perda de água, seja para a substrato ou para o ambiente, mais rápida é a aproximação das partículas, com menor quantidade de fluido para reduzir as forças de atrito que atuam entre elas, o que dificulta o espalhamento do revestimento sobre o substrato: a diminuição da mobilidade durante o espalhamento provoca o

enrijecimento da argamassa [2]. Tal restrição da mobilidade da argamassa pode aumentar a quantidade de defeitos na interface com o substrato e, consequentemente, diminuir a resistência de aderência [2].

Como esperado, com o aumento do teor de água há um aumento da capacidade de espalhamento da argamassa, o que foi observado nas duas condições. Conforme demonstrado por Fernandes et al. [34], a água de amassar cria canais que facilitam o fluxo de água através da argamassa fresca assim que uma determinada pressão é atingida. Como resultado, esta argamassa atinge o comportamento de embricamento com leve deslocamento. Para a configuração argamassa/substrato, a estrutura porosa da argamassa também determinará a facilidade com que a água pode se mover na direção do substrato, por isso a adição de cal, bem como o teor de água afetam a estrutura porosa da argamassa. Analisando as curvas do *squeeze-flow* da Figura 4, o maior deslocamento é observado para a Arg1, que dentre as formulações testadas possui o maior teor de água e incorporação da cal.

CONCLUSÃO

A realização deste estudo mostrou que o ensaio normativo ainda não permite reproduzir fielmente a aplicação de campo, uma vez que os substratos podem não apresentar superfície lisa, como a placa metálica normatizada. Ainda assim, diante das condições de ensaio estudadas, concluiu-se que o comportamento reológico das argamassas foi influenciado tanto por características da argamassa quanto pela absorção capilar do substrato. Em ambas as condições de substrato (base metálica e cerâmica), a incorporação da cal promoveu uma maior capacidade de espalhamento. Em comparação com o substrato metálico não absorvente, observou-se um decréscimo de deslocamento em torno de 47% considerando todas as argamassas quando se utilizou substrato de bloco cerâmico, devido as argamassas perderem água por percolação no substrato poroso, tornando-se mais rígidas.

REFERÊNCIAS

[1] ROMANO, R. C. O. **Incorporação de ar em materiais cimentícios aplicados em construção civil.** 2013. F. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2013.

[2] BERNARDO, H. M.; ROMANO, R. C. de O.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. G. Efeito da absorção de água e do tipo de substrato no desempenho de argamassa de revestimento nos estados fresco e endurecido. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 493-511, jul./set. 2020.

[3] GROOT, C. J.; LARBI, J. A. The influence of water flow (reversal) on bond strength development in young masonry. **HERON**, vol. 44, n. 2, 1999.

[4] HENDRY, E. A. Masonry walls: materials and construction. **Construction and Building Materials**, v.15, n. 8, p. 323–330, dez. 2011.

[5] COSTA, E. B. C.; FRANÇA, M. S. DE; BERGOSSI, F. L. N.; BORGES, R. K. *Squeeze-flow* of mortars on brick substrate and its relation with bond strength. **Construction and Building Materials**, v. 265, p. 120298, 30 dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120298.

[6] MARVILA, M.T.; AZEVEDO, A.R.G; BARROSO, L.S.; BARBOSA, M.Z.; DE BRITO, J. Gypsum plaster using rock waste: A proposal to repair the renderings of historical buildings in Brazil, **Construction and Building Materials**. v. 250 (2020) . DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118786.

[7] DE AZEVEDO, A.R.G.; ALEXANDRE, J.; ZANELATO, E.B.; MARVILA, M.T. Influence of incorporation of glass waste on the rheological properties of adhesive mortar. **Construction and Building Materials**, v. 148, p, 359–368, 2017. DOI https://doi.org/10.1016/ j.conbuildmat.2017.04.208.

[8] FUJII-YAMAGATA, A. L.; CARDOSO, F. A.; DAUBRESSE, A.; PRAT, E.; CHAOUCHE, M. Evaluation of Fresh Adhesive Mortars Through Various Rheological and Imaging Techniques, in: V. MECHTCHERINE, K. KHAYAT, E. SECRIERU (Eds.), **Rheology and Processing of Construction Materials**, vol. 23, Springer International Publishing, Cham, 2020, pp. 200–208.

[9] DE MEDEIROS, M.H.F.; DRANKA, F.; SOUZA, D. J.; MEDEIROS-JUNIOR, R. A. Improvement of repair mortars using multi-walled carbon nanotubes**, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials,** v. 172, n. 2, p. 71–84, Abr 2019, https://doi.org/10.1680/jcoma.16.00049.

[10] TOUTOU, Z.; ROUSSEL, N.; LANOS, C. The squeezing test: a tool to identify firm cement-based material's rheological behaviour and evaluate their extrusion ability. **Cement Concrete Research,** v. 35, n. 10, p. 1891–1899, out. 2005. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.cemconres.2004.09.007.

[11] CARDOSO, F. A.; JOHN, V. M.; PILEGGI, R. G. Rheological behavior of mortars under different squeezing rates. **Cement Concrete Research,** v. 39, n. 9, p 748–753, set. 2009. DOI: https:// doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.05.014.

[12] COSTA, E. B. C. **Análise de parâmetros influentes na aderência de matrizes cimentícias**. 2014. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

[13] ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

[14] BARBOSA, W. da S. **Alteração do comportamento reológico da suspensão cimentícia aplicada sobre substratos porosos.** 2010. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697:** Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605:** Cimento Portland e outros materiais em pó. Determinação da massa específica. Rio de Janeiro.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16372:** Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). Rio de Janeiro, 2015.

[19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175:** Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

[21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009b.

[22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46:** Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003c.

[23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30:** Agregado miúdo: Determinação da absorção água. Rio de Janeiro, 2000.

[24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3:** Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

[25] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[26] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[27] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15839:** argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos: caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro, 2010b.

[28] CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

[29] MARTINS, E. J**. Diretrizes para dosagem de argamassas de revestimento utilizando métodos de empacotamento de partículas e comportamento reológico.** Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, 2021.

[30] HENDRICKX, R. **The adequate measurement of the workability of masonry mortar.** Tese (Doutorado), Katholieke Universiteit Leuven, Leuven (Belgium), 2009.

[31] LI, P. P.; BROUWERS, H. J. H.; CHEN, W.; YU, Q. Optimization and characterization of high-volume limestone powder in sustainable ultra-high performance concrete. **Construction and Building Materials**. v. 242, p.118112, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/ j.conbuildmat.2020.118112.

[32] ADJOUDJ, M.; EZZIANE, K.; KADRI, E. H.; NGO, T.-T.; KACI, A. Evaluation of rheological parameters of mortar containing various amounts of mineral addition with polycarboxylate superplasticizer. **Construction and Building Materials**. v. 70, p. 549–559, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.111.

[33] COSTA, E. B. C.; CARDOSO, F. A.; JOHN, V. M. Influence of high contents of limestone fines on rheological behaviour and bond strength of cement-based mortars. **Construction and Building Materials**. v. 156, p. 1114–1126, Dec. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/ j.conbuildmat.2017.09.029.

[34] FERNANDES, V.; SILVA, L.; FERREIRA, V. M.; LABRINCHA, J. A. Evaluation of mixing and application process parameters of single-coat mortars. **Cement Concrete Research.** v. 35, p. 836–841, 2005. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.10.026.

[35] BONAVETTI, V.; DONZA, H.; MENÉNDEZ, G.; CABRERA, O.; IRASSAR, E. F. Limestone filler cement in low w/c concrete: a rational use of energy, **Cement Concrete Research.** v. 33, p. 865–871, 2003. DOI: https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01087-6.