

# Study of the influential factors on the rheological behavior of adhesive mortar available in the market

## *Estudo dos fatores influentes no comportamento reológico de argamassas colantes de mercado*

M. R. M. M. COSTA <sup>a</sup>  
mariennecosta@uol.com.br

E. PEREIRA <sup>b</sup>  
engenheiroeduardopereira@gmail.com

R. G. PILEGGI <sup>c</sup>  
rafael.pileggi@poli.usp.br

M. A. CINCOTTO <sup>d</sup>  
cincotto@poli.usp.br

### Abstract

Rheology studies the deformation and flow of matter and seeks to describe the deformations of material depending on the time they are exposed to mechanical actions. This paper proposes to understand the behavior of fresh mortar adhesives in Squeeze Flow tests based on rheological characterization of different commercial compositions. In the tests, flow of material results from the application of a compressive load on the sample in the fresh state which causes displacement due to stresses generated during radial shear flow. We performed further physical characterizations of mortars and viscosity on material passing through a sieve with a 0.075 mm sieve opening with the objective of basing the analysis of the results obtained from Squeeze Flow tests. It was observed that the mortars studied showed differences in rheological behavior, probably resulting from synergistic action of some of the composition parameters, especially the particle size distribution and particle morphology.

**Keywords:** rheology; squeeze flow test; particle size distribution; morphology; adhesive mortar.

### Resumo

A reologia estuda a deformação e o escoamento da matéria buscando descrever as deformações dos materiais dependentes do tempo, quando os mesmos são expostos a ações mecânicas. O presente trabalho propõe o entendimento do comportamento no estado fresco de argamassas colantes, com base na caracterização reológica de diferentes composições comerciais, a partir do ensaio "Squeeze Flow". Neste ensaio, o escoamento do material decorre da aplicação de uma carga de compressão sobre a amostra no estado fresco, a qual ocasiona deslocamentos no seu interior, devido a esforços de cisalhamento radiais originados durante o fluxo. Foi realizada ainda a caracterização física das argamassas e a viscosidade da fração passante na peneira de abertura 0,075 mm, com o objetivo de embasar a análise dos resultados obtidos com o Squeeze Flow. Observou-se que as argamassas estudadas apresentam diferenças de comportamento reológico, decorrente provavelmente, de ação sinérgica de alguns parâmetros da composição, com destaque para a distribuição granulométrica e morfologia das partículas.

**Palavras-chave:** reologia; squeeze flow teste; distribuição granulométrica; morfologia; argamassa colante.

<sup>a</sup> Departamento de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná – UFPR, mariennecosta@uol.com.br, Curitiba, Brasil;

<sup>b</sup> Departamento de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná – UFPR, engenheiroeduardopereira@gmail.com, Curitiba, Brasil;

<sup>c</sup> Departamento de Engenharia Civil Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, rafael.pileggi@poli.usp.br, São Paulo, Brasil;

<sup>d</sup> Departamento de Engenharia Civil Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, cincotto@poli.usp.br, São Paulo, Brasil.

## 1. Introdução

As argamassas colantes são compostas por cimento, agregado, aditivos e eventualmente adições. Produzidas industrialmente, os aditivos mais comuns são os éteres de celulose (HEC e MHEC) e os látex poliméricos (PVA). Cada um desempenha funções específicas no estado fresco e endurecido da argamassa [1]. O látex melhora o comportamento reológico da argamassa fresca, mas, principalmente, proporcionam flexibilidade e resistência à tração para a argamassa endurecida [2]. Os éteres são polímeros solúveis em água e pequenas quantidades deste polímero levam à elevação da retenção de água e da viscosidade em argamassas [3, 4].

A areia usada nas dosagens de argamassas são predominantemente quartzosas com dimensões menores que 0,50 mm. Características como forma, textura e granulometria exercem grande influência na trabalhabilidade e aderência das argamassas [5]. A forma e textura dos grãos são as maiores responsáveis por alterações no coeficiente de atrito. Mendes [6] demonstrou que partículas mais arredondadas possuem um coeficiente de atrito menor se comparado àquelas com forma irregular. Pereira [7] verificou que a forma das partículas maiores que 0,090 mm influenciam significativamente os fenômenos de escoamento da argamassas, sendo quanto mais rugosas as partículas maior o cisalhamento necessárias para escoamento das misturas.

Outra questão relacionada com a influência da distribuição granulométrica das partículas é o seu grau de empacotamento. A condição ideal seria aquela onde há um preenchimento gradual entre os vazios deixados pelas partículas, de forma que vazios maiores sejam preenchidos por partículas menores [8]. Deve-se, no entanto garantir que não haja um excesso de finos, pois estes poderão acarretar um elevado aumento na área superficial e, conseqüentemente, maior quantidade de água necessária para recobrir as partículas. Areias com uma finura elevada aumentam o consumo de água da mistura o que pode provocar uma retração acentuada nas argamassas, após a evaporação da água, além de que os finos da areia podem preencher os poros dos substratos ocupando espaços dos produtos de hidratação [5, 9].

Por outro lado, um aumento na proporção de areia, mantida a mesma quantidade de água na mistura, diminui a trabalhabilidade das argamassas, influenciando no desenvolvimento da resistência de aderência dos revestimentos. Verifica-se também que areias mais grossas provocam um ineficiente envolvimento dos grãos pela pasta de cimento, devido a dificuldade de escoamento da argamassa, o que tende a comprometer a extensão da aderência

[9]. No entanto, deve-se ressaltar que um adequado porcionamento na quantidade de areia é imprescindível para formação do esqueleto indeformável da mistura, reduzindo-se assim a retração nas argamassas.

Quanto à especificação do tipo de cimento para argamassas colantes, a finura do material exerce influência significativa. Diferentes cimentos apresentam características físicas distintas, sendo, no entanto, a finura um dos parâmetros mais significativos [10]. Cimentos mais finos demandam mais água ou a utilização de aditivos para uma mesma trabalhabilidade.

Sob o ponto de vista do comportamento reológico, assume-se que as argamassas colantes são suspensões concentradas de partículas sólidas imersas em um líquido viscoso, o qual tem como função assegurar a coesão do sistema, além de proporcionar lubrificação e espaço para a movimentação dos agregados [8]. Se o volume de matriz não for suficiente, as características reológicas e as propriedades da argamassa são prejudicadas [11, 6]. Com o aumento no teor de matriz, o fluido escoar com maior facilidade e a fluidez do sistema passa a ser governada pela viscosidade da matriz. Com isso, para entender a reologia do fluido, é necessária a análise tanto dos fenômenos que ocorrem na matriz, como os que derivam dos agregados, para que se tenha uma visão global do seu comportamento reológico [12].

Para definir o comportamento das argamassas no estado fresco frequentemente utilizam-se relações com sua consistência, sendo utilizado para tal dados obtidos através de ensaios como o "Flow Table" e o "Dropping Ball" [13], os chamados ensaios monopontos. No entanto, mesmo estes ensaios sendo de fácil execução, apresentam limitações conceituais na caracterização das argamassas. Não é possível que o comportamento complexo de um material seja descrito por um único valor de medida, mas deve ser sim medido por um perfil reológico e, preferencialmente, simulando as solicitações práticas reais, visto que o comportamento pode variar em função das características da solicitação [14].

Para preencher esta lacuna desenvolveu-se o ensaio "Squeeze flow" que permite caracterizar o comportamento reológico das argamassas através dos parâmetros característicos: viscosidade e tensão de escoamento, sendo este ensaio normalizado pela NBR 15839 [15]. Apesar da norma citada não ser específica para análise de argamassas colantes, a metodologia já é utilizada com sucesso por diversos pesquisadores [8, 7, 16], com ajustes e adaptações nos aparatos de ensaio.

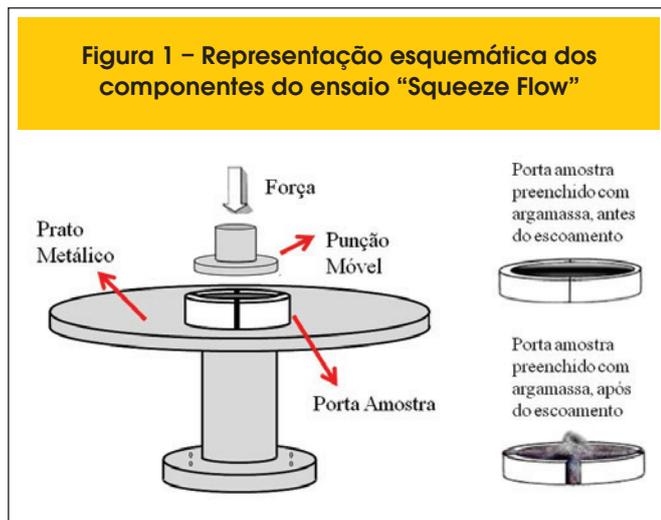
Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é compreender o comportamento no estado fresco de argamassas colantes, com

**Tabela 1 – Resultados de deslizamento e teor de água utilizado nas argamassas e pastas**

	Argamassas colantes e pastas					
	A <sup>(G)</sup>	B <sup>(G)</sup>	C <sup>(M)</sup>	D <sup>(B)</sup>	E <sup>(M)</sup>	F <sup>(B)</sup>
Quantidade de água indicada pelo fabricante para as argamassas (ml/ Kg)	230	220	200	230	230	200
Proporção água/materiais secos para ensaio de viscosidade das pastas (ml/g)	1,1	1,1	0,9	0,9	1,2	0,9
Deslizamento das argamassas (mm)	0,5	0,5	0,7	3,4	1,1	5,9

Obs: ( B ) Boa qualidade; (M) Qualidade média; (R) Ruim – avaliação pelo deslizamento

**Figura 1 – Representação esquemática dos componentes do ensaio “Squeeze Flow”**



base na caracterização reológica de diferentes composições comerciais brasileiras. O entendimento do comportamento reológico das argamassas colantes é a base para um avanço tecnológico, tendo em vista que a sua aplicação ocorre no estado fluido.

## 2. Materiais e programa experimental

O programa experimental foi planejado com o objetivo de correlacionar características físicas de argamassas colantes de mercado, tais como: granulometria, morfologia das partículas e teor de ar incorporado, com o seu comportamento reológico, a partir de parâmetros característicos determinados pelo método “Squeeze flow”.

### 2.1 Definição do universo amostral

Foram inicialmente adquiridas trinta marcas de argamassa colante tipo AC-I [17] nas vendas de materiais de construção de todo o Brasil, pela compra de um saco de cada marca. A classificação das argamassas nesta categoria normativa (AC-I) foi considerada com base na especificação do fabricante. Cada argamassa foi submetida ao ensaio de deslizamento determinado pela NBR 14085 [18], tendo sido tomado como parâmetro para a escolha das argamassas utilizadas na pesquisa, visando-se com isso a redução do universo amostral inicial. Nesse ensaio, a argamassa é aplicada sobre um substrato padrão e os cordões são formados no sentido transversal do substrato. Placas cerâmicas são posicionadas sobre os cordões e o substrato é deslocado na vertical para que seja observado o deslizamento das placas.

Com base nos resultados de deslizamento, foram escolhidas 6 marcas, sendo duas com resultado abaixo do limite especificado pela NBR 14081 [17], duas com resultado no limite e outras duas com resultado acima do mesmo, compondo assim o universo amostral do programa experimental. O deslizamento máximo especificado foi de 0,7 mm. A tabela 1 apresenta os resultados de deslizamento das argamassas escolhidas. A relação água/materiais secos da fração fina foi obtida pela mistura com o teor de água indicado pelo fabricante para a argamassa, respeitando a proporção de fração fina de cada argamassa. Por exemplo, a quantidade de água indicada pelo fabricante para a argamassa A foi 230 ml/kg e a fração fina representa 21,8% da massa desta

argamassa, logo a proporção água/materiais secos para a pasta A foi igual a 1,1, ou seja, 230 ml / 218 g. Para as argamassas, o teor de água empregado foi aquele indicado na embalagem do produto pelo fabricante. A tabela 1 apresenta ainda a quantidade de água recomendada pelos fabricantes para adição nas argamassas selecionadas, além do teor de água utilizado para as pastas.

### 2.2 Caracterização física das argamassas colantes

#### 2.2.1 – Estado anidro

As argamassas foram caracterizadas fisicamente no estado anidro através da granulometria e morfologia dos grãos. A densidade de massa aparente foi também determinada para auxiliar na determinação do teor de ar incorporado. Foram determinadas as curvas granulométricas completas das argamassas, sendo utilizado o ensaio de peneiramento com a série normal de peneiras da ABNT para a argamassa e o granulômetro à laser para a fração passante na peneira n° 200 (abertura 0,075 mm). Sendo o material industrializado, foi ainda executada uma reconstrução aproximada dos traços das argamassas colantes através dos procedimentos recomendados por Quarcioni [19].

As partículas de agregado retidas nas peneiras de abertura 0,6, 0,3 e 0,15 mm foram analisadas quanto à sua morfologia, com o objetivo de determinar diferenças de textura e de irregularidades de forma entre as partículas. As frações acima da peneira 0,6 mm não foram analisadas devido a pequena quantidade de grãos nesta faixa, impossibilitando a amostragem. O estudo foi realizado nas imagens adquiridas com o estereoscópio marca Zeiss, modelo Stemi 2000-C. Para cada argamassa, foram fotografados pelo menos 100 grãos em cada peneira. A análise morfológica do agregado foi feita com o auxílio do programa IMAGO versão 2.2.4 cedido pela empresa ESSS [20]. A técnica empregada não pôde ser aplicada à fração passante na peneira de abertura 0,075 mm, pois a aglomeração natural desses grãos, devido à sua pequena dimensão, impede que os mesmos apareçam individualizados nas imagens.

#### 2.2.2 – Estado fresco

No estado fresco as argamassas foram avaliadas reologicamente a partir do ensaio “Squeeze Flow”, além da determinação do teor de ar incorporado e da densidade. Na caracterização do comportamento reológico das argamassas colantes pelo ensaio “Squeeze Flow”, o escoamento do material decorre da aplicação de uma carga de compressão sobre a amostra no estado fresco, a qual ocasiona deslocamentos no seu interior devido aos esforços de cisalhamento radiais originados durante o fluxo. Para execução deste ensaio, o equipamento utilizado é uma máquina universal de ensaios comumente existente nos laboratórios de materiais de construção para a aplicação de carga em corpos-de-prova e descrito na NBR15839 [15]. A geometria de ensaio empregada está detalhada na Figura 1. O punção móvel possui o mesmo diâmetro da amostra, visando garantir a aplicação de carga sobre toda a superfície da mesma.

De um modo geral, o comportamento reológico que se espera para as argamassas colantes ao longo do ensaio, é o aumento da carga de compressão à medida que se aumenta o deslocamento do punção móvel, devido à aproximação das partículas da

Tabela 2 – Proporção aproximada de cada material nas argamassas colantes

	Argamassa colante					
	A	B	C	D	E	F
Agregado (%)	74,75	75,80	74,67	70,67	80,27	74,31
Cimento (%)	15,86	20,70	17,77	17,90	17,86	19,52
Fíler Calcário (%)	9,39	3,50	7,55	11,44	1,87	6,17
Umidade (%)	0,13	0,10	0,16	0,15	0,16	0,15

Figura 2 – Distribuição granulométrica completa das argamassas colantes

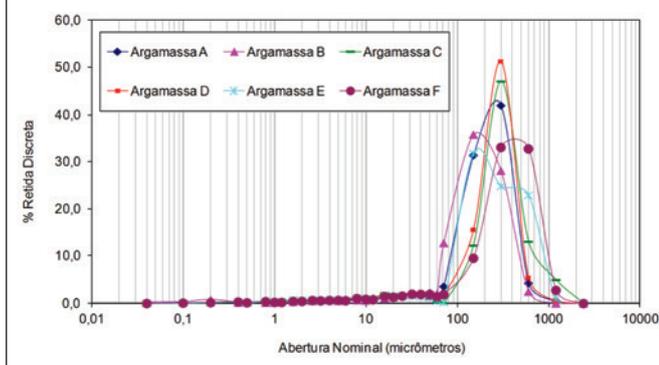
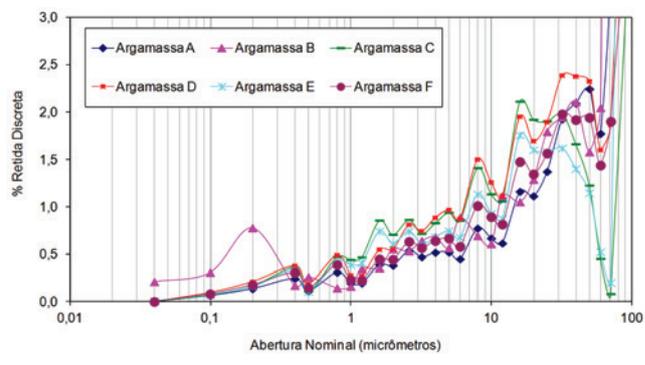


Figura 3 – Distribuição granulométrica das frações finas com dimensão inferior a 75 µm



fração graúda da argamassa. Na prática, a análise comparativa entre as argamassas possibilita identificar as de maior facilidade de aplicação por parte do oficial pedreiro e conformação através da desempenadeira denteadada.

A viscosidade da fração passante na peneira de abertura 0,075 mm (ou seja, da pasta) foi determinada, tendo-se em vista a influência da condição reológica da fração fina (pasta) sobre o comportamento reológico da argamassa. O ensaio foi realizado no equipamento Programmable Viscometer Brookfield DV-II+ Version 5.0.

Para a determinação do teor de ar incorporado das misturas, realizaram-se os ensaios de densidade de massa específica no estado fresco, além da densidade de massa aparente no estado anidro já

comentado. A densidade de massa no estado fresco foi determinada seguindo procedimento proposto pela NBR 13278 [21].

### 3. Resultados e discussões

A Tabela 2 apresenta a proporção das frações grossa e fina (pasta) das argamassas colantes, ou seja, do teor de material com dimensões superiores a 75 µm e o teor de material com dimensões inferiores a 75 µm, respectivamente. A fração fina é representada em sua maioria pelos grãos de cimento e também pelo filler da areia e a fração grossa pela areia. Observa-se um maior teor de pasta na argamassa D e um menor teor na argamassa E.

Na Figura 2, está apresentada a distribuição granulométrica com-

Tabela 3 – Porcentagem de material retido e passante em cada peneira

	Peneira		Argamassa colante					
	mm	malha	A	B	C	D	E	F
% Fração fina (passante na peneira)	0,075	200	21,8	20,9	22,8	27,2	19,4	21,8
% Fração grossa (retida na peneira)	0,075	200	31,2	12,7	12,2	15,6	31,8	9,5
	0,15	100	42,2	35,8	47,0	51,2	24,8	33,1
	0,30	50	4,3	28,1	13,0	5,4	22,9	32,8
	0,60	30	0,5	2,5	5,0	0,6	1,1	2,8

Tabela 4 – Caracterização morfológica da fração grossa das argamassas

Caracterização da morfologia	Peneira		Argamassa colante					
	mm	malha	A	B	C	D	E	F
Coeficiente de arredondamento	#0,15 mm	100	0,518	0,509	0,508	0,492	0,492	0,506
	#0,3 mm	50	0,521	0,525	0,502	0,522	0,490	0,792
	#0,6 mm	30	0,500	0,504	0,474	0,516	0,521	0,496
Coeficiente de alongamento	#0,15 mm	100	0,728	0,706	0,730	0,678	0,717	0,735
	#0,3 mm	50	0,738	0,734	0,700	0,729	0,685	0,755
	#0,6 mm	30	0,729	0,699	0,662	0,720	0,733	0,696

Tabela 5 – Densidade de massa e teor de ar incorporado nas argamassas colantes

Caracterização das argamassas		Argamassa colante					
		A	B	C	D	E	F
Densidade de massa	Anidra	2,70	2,70	2,60	2,65	2,60	2,60
	Fresca	1,45	1,60	1,55	1,75	1,70	1,50
Ar incorporado	Fresca	28,2	21,9	22,9	15,7	15,5	26,6

pleta das argamassas e na Figura 3, a distribuição granulométrica específica da fração fina (dimensão inferior a 75 µm).

Analisando-se o perfil das curvas granulométricas das argamassas (figura 2), as argamassas A, C e D apresentaram uma distribuição estreita, o que tende a reduzir a distância média de separação entre as partículas, influenciando o comportamento reológico das argamassas colantes. A distribuição granulométrica aberta beneficia o fluxo, pois grãos menores distanciam os maiores, reduzindo com isso o atrito entre os mesmos. A partir dos dados obtidos da análise granulométrica pode-se afirmar que as argamassas colantes, caracterizadas neste trabalho, apresentam suas maiores variações, quanto à distribuição granulométrica, na faixa de 100 a 1000 µm, representada pela fração graúda. Na Tabela 3 apresentam-se os resultados de porcentagens retidas e passantes nas peneiras de abertura 0,075, 0,15, 0,3 e 0,6 mm.

É possível verificar que existem diferenças consideráveis nas porcentagens retidas em cada peneira quando comparada as diferentes argamassas nas peneiras acima de 0,075 mm (fração grossa). A fração fina, por sua vez, apresentou distribuição semelhante, não apresentando diferenças significativas entre elas, sendo a única exceção a argamassa D diferindo das demais em no mínimo 5%.

A Tabela 4 apresenta os resultados morfológicos das partículas retidas nas peneiras de abertura de 0,15, 0,30 e 0,60 mm, sendo determinados os coeficientes de arredondamento e alongamento dos grãos. Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de densidade de massa no estado anidro e fresco das argamassas, bem como o teor de ar incorporado nas argamassas no estado fresco para o teor de água determinado pelos fabricantes.

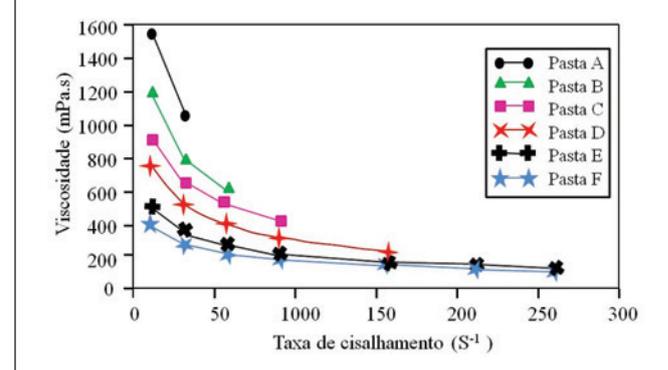
Pelos resultados, observa-se que as argamassas apresentam as partículas com arredondamento semelhante (na faixa de 0,474 a 0,521), com exceção da fração 0,3 mm da argamassa F que apresentou arredondamento bem superior às demais (0,792). É possível verificar também que os agregados das argamassas apre-

sentam coeficiente de alongamento semelhante, com resultados variando de 0,662 a 0,755.

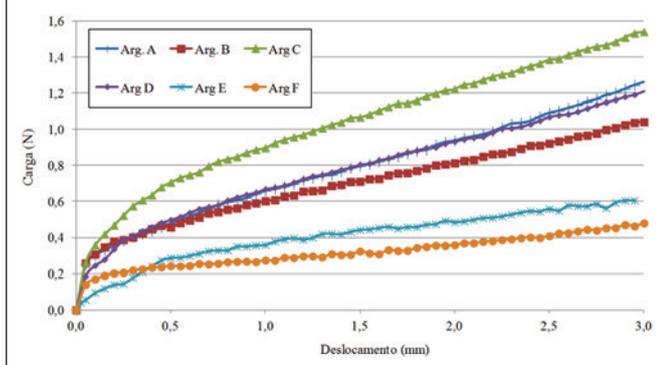
Quanto à densidade de massa anidra as argamassas apresentam variações numa faixa muito estreita compreendida entre 2,63 e 2,67 g/cm<sup>3</sup>, cuja diferença pode ser atribuída à variabilidade intrínseca ao método de ensaio (da ordem de 1,5%). No entanto, para as argamassas analisadas, as diferenças residem na densidade de massa no estado fresco, cujos resultados estão compreendidos entre 1,46 e 1,71 g/cm<sup>3</sup>.

Estas diferenças podem ter origem nas transformações químicas e físicas originadas pela reatividade do cimento e aditivos e pelo procedimento de mistura, resultando em outra distribuição de constituintes diferente daquela presente no estado anidro. O cimento origina compostos hidratados, e os aditivos e o procedimento de

Figura 4 – Relação entre viscosidade e a taxa de cisalhamento da fração passante na peneira de abertura 0,075 mm



**Figura 5 – Perfil da curva carga vs deslocamento das argamassas colantes, obtidas com o ensaio “Squeeze Flow”**



mistura originam a incorporação de ar na mistura fresca. Através dos resultados verificou-se uma forte correlação entre densidade no estado fresco e teor de ar incorporado ( $R^2 = 0,9693$ ). Uma variação no teor e tipo de aditivo pode ter um impacto significativo sobre o comportamento da argamassa fresca, não tendo sido possível determinar nesta pesquisa estes percentuais adicionados.

A Figura 4 apresenta a viscosidade das pastas em função da taxa de cisalhamento.

Os dados obtidos no ensaio mostram que todas as pastas apresentaram comportamento pseudoplástico, ou seja, decréscimo da viscosidade com acréscimo da taxa de cisalhamento. Apesar de as argamassas apresentarem viscosidades diferentes na faixa de 0 a  $50 \text{ S}^{-1}$  as curvas indicam uma tendência de aproximação da viscosidade a partir de taxas de cisalhamento superiores, semelhantes às taxas de cisalhamento impostas no ensaio “Squeeze Flow” para as argamassas. Desta forma, não foi considerado nesse trabalho a viscosidade da pasta como uma variável na avaliação do comportamento reológico das argamassas.

O perfil das curvas obtido no ensaio “Squeeze Flow” para as argamassas colantes está apresentado na Figura 5.

As curvas da Figura 5 demonstram que as argamassas colantes apresentam características reológicas diferentes, pois cada argamassa mostrou capacidade distinta de absorção do carregamento de compressão imposto pelo punção móvel do equipamento.

A argamassa C, que apresentou maior carga máxima de com-

pressão que as demais, apresentará maior dificuldade ao espalhamento e deformação dos cordões. A argamassa F, por ter se apresentado muito fluida frente às demais, mostrará facilidade ao espalhamento e formação dos cordões, provavelmente até em excesso, com possível deslizamento da placa.

Como não foi possível obter um parâmetro do esforço aplicado pelo oficial pedreiro para o espalhamento e formação dos cordões de argamassa, não cabe afirmar que a argamassa C não proporcionará um espalhamento satisfatório e formação de cordões; provavelmente as seis argamassas estudadas são aplicáveis. A análise que está sendo colocada é comparativa e os resultados obtidos estão restritos para a relação água/materiais secos indicadas pelos fabricantes.

Na Tabela 6 estão destacados os parâmetros analisados neste trabalho, demonstrando indicativos de maior influência da granulometria no comportamento reológico das argamassas colantes estudadas, comparativamente aos resultados obtidos pelo Squeeze Flow. Os parâmetros influentes, cujos resultados são numéricos, estão indicados nessa tabela em alto (a), intermediário (a) ou baixo (a). A morfologia está classificada em irregular e regular. Quando a argamassa se destacou em algum parâmetro é utilizado o sinal de +.

Comparando-se os resultados do ensaio “Squeeze Flow” com os dados obtidos na análise das propriedades das argamassas, conclui-se que o principal parâmetro influente no desempenho das argamassas em estudo foi a distribuição granulométrica da fração graúda. Calculando-se correlações entre as diversas propriedades analisadas, a porcentagem de agregado retido entre as peneiras com abertura de 0,3 a 0,15 mm foi a que se mostrou mais significativa. Este comportamento talvez possa ser explicado pelo fenômeno de embricamento dos grãos, ou seja, aproximação entre os agregados e conseqüente atrito entre estes durante o escoamento, que influenciam diretamente na tensão de escoamento das argamassas.

As argamassas A, C e D apresentaram distribuição estreita, o que reduz a distância média de separação entre as partículas e dificulta o fluxo. Esse efeito foi observado no ensaio, onde essas argamassas apresentaram as maiores cargas de compressão. Para a argamassa C, cuja carga máxima de compressão superou as demais, a distribuição granulométrica estreita foi decisiva nesse desempenho. Na argamassa A, a distribuição granulométrica estreita supera o efeito do alto teor de ar incorporado, resultando numa carga de compressão inferior à C. Na argamassa D, o baixo teor de ar incorporado, juntamente com a distribuição granulomé-

**Tabela 6 – Resumo da análise das argamassas**

Argamassa	Carga de compressão (N)	Viscosidade da pasta (mPa.s)	Distribuição granulométrica	Teor de ar incorporado (%)	Morfologia das partículas (coef.arred.)
A	Alta (1,26)	Intermediária (64)	Estreita	+ Alto (28,2)	Irregular (0,518)
B	Interm. (1,20)	Intermediária (66)	Aberta	Intermediário (21,9)	Irregular (0,515)
C	+ Alta (1,54)	Interm/Baixa (45)	+ Estreita	Alto (22,9)	Irregular (0,504)
D	Alta (1,21)	Baixa (21)	Estreita	Baixo (15,7)	Irregular (0,495)
E	Baixa (0,62)	Intermediária (66)	+ Aberta	+ Baixo (15,5)	Irregular (0,492)
F	+ Baixa (0,48)	Alta (87)	Aberta	Alto (26,6)	Regular (0,616)

trica estreita, resultou em alta carga de compressão. A argamassa D possui ainda um teor de finos maior que as demais. Possivelmente o teor de água na mistura não foi suficiente para garantir o escoamento das misturas.

Apesar das similaridades de distribuição granulométrica entre essas argamassas, as cargas máximas de compressão foram diferentes, provavelmente devido ao efeito conjunto do alto teor de ar incorporado na argamassa. As menores cargas de compressão foram apresentadas pelas argamassas E e F. Ambas as argamassas apresentaram distribuição granulométrica aberta, mas se diferenciaram quanto ao teor de ar incorporado.

Para a argamassa E, a granulometria foi decisiva na carga de compressão, ou seja, teve seu efeito prevalecido sobre o baixo teor de ar incorporado. A baixa carga de compressão apresentada pela argamassa F foi resultante do alto teor de ar incorporado, da distribuição granulométrica aberta e das características morfológicas dos grãos que se destacaram pela baixa rugosidade.

Os resultados verificados para as argamassas confirmam os resultados obtidos por Cardoso [14] que em sua tese de doutorado enfatiza que a granulometria aberta resulta em um menor índice de vazios nas argamassas e em menor carga no Squeeze Flow enquanto uma distribuição granulométrica fechada resulta em maior índice de vazios e maiores cargas no Squeeze Flow. A morfologia dos agregados permitiu a verificação da sua influência sobre o comportamento reológico, principalmente na argamassa F, cujos grãos arredondados atuaram juntamente com o ar incorporado e com a distribuição granulométrica e reduziram a carga de compressão da argamassa.

Com a análise dos resultados foi possível observar que é provável que tenha ocorrido uma ação sinérgica entre distribuição granulométrica, teor de ar incorporado e morfologia, sobre a carga máxima de compressão obtida no ensaio "Squeeze flow". Porém, ressalta-se ainda que sendo estas argamassas aditivadas, parte do comportamento observado pode ter sido devido a ação destes sobre as misturas, demandando maiores investigações sobre o tema.

#### 4. Conclusões

O programa experimental proposto neste trabalho permitiu obter as seguintes conclusões:

- As curvas obtidas pelo ensaio são suficientes para a compreensão do comportamento reológico das argamassas, através do seu perfil e dos níveis de carga atingidos;
- As argamassas colantes estudadas apresentam características reológicas diferentes, pois cada mistura mostrou capacidade distinta de absorção do carregamento de compressão imposto pelo punção móvel do equipamento;
- Quanto à influência da composição, com a análise dos resultados foi observado que há uma ação sinérgica entre a distribuição granulométrica, teor de ar incorporado e morfologia dos grãos, sobre a carga máxima de compressão da argamassa.
- A distribuição granulométrica e a morfologia dos grãos se apresentaram como parâmetros de maior influência para as argamassas estudadas, principalmente nas faixas entre 0,3 e 0,15 mm.

#### 5. Referências bibliográficas

- [01] JENNI, A; ZURBRIGGEN, R; HOLZER, L; HERWEGH, M. Changes in microstructures and physical properties of polymer-modified mortars during wet storage. *Cement and Concrete Research*. Volume 36. 2005a.
- [02] JENNI, A; ZURBRIGGEN, R; HOLZER, L; HERWEGH, M. Influence of polymerer on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars. *Cement and Concrete Research*. Volume 36. 2005b.
- [03] SANTOS, N. Avaliação de micro e nanoporosidade de argamassas colantes. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis (SC), 2006.
- [04] SENNA, D. O. Avaliação do comportamento das argamassas modificada por polímeros à base de éter de celulose em ambientes agressivos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana - Bahia. 2008.
- [05] MANSUR, A. A. P. Mecanismo físico-químico de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmica de revestimento. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007.
- [06] MENDES, T. M. Influência do coeficiente de atrito entre os agregados e da viscosidade da matriz no comportamento reológico de suspensões concentradas heterogêneas. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo (SP). 2008.
- [07] PEREIRA, E. Estudo da influência das propriedades de argamassas colantes na resistência de aderência de revestimentos cerâmicos aplicados no assentamento de piso sobre piso. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
- [08] COSTA, M. R. M. M. Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo (SP), 2006.
- [09] ANTUNES, G. R. Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Distrito Federal. 2010.
- [10] MANSUR, A. A. P; NASCIMENTO, O. L; MANSUR, H. S. Physico-chemical characterization of EVA-modified mortar and porcelain tiles interfaces. *Cement and Concrete Research*. Volume 39. pp 1199-1208. 2009.
- [11] OLIVEIRA, I.R. ; STUDART, A.R. ; PILLEGI, R.G. ; PANDOLFELLI, V.C. Dispersão e empacotamento de partículas : princípios e aplicações em processamento cerâmico. 18 ed. Fazendo arte editorial, 195 p, 2000.

- [12] PILEGGI, R. G. Ferramentas para o estudo e desenvolvimento de concretos refratários. 2001. 187p. Tese de doutorado. Universidade de São Carlos, 2001.
- [13] BAUER, E. Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades. 1. ed. BRASÍLIA: LEM-UnB - SINDUSCON/DF. 2005.
- [14] CARDOSO, F. A. Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo (SP). 2009.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow - NBR15839. Rio de Janeiro, 2010
- [16] KUDO, E. K; CARDOSO, F. A; PILEGGI, R. G. Squeeze Flow aplicado a argamassas colantes: influência de parâmetros experimentais de configuração e taxa de deslocamento. In: IV Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas. Anais do IV SBTA. Belo Horizonte. 2011.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Especificações - NBR 14081. Rio de Janeiro, 2004.
- [18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação do deslizamento - NBR 14085. Rio de Janeiro, 2004.
- [19] QUARCIONI, V. A. Reconstituição de traço de argamassas: atualização do Método IPT. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- [20] ESSS - Engineering Simulation and Scientific Software: Fatores de forma – Descrição e usabilidade dos fatores de forma na plataforma IMAGO. Florianópolis, 2005. 19 p. Relatório.
- [21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade da massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278. Rio de Janeiro, 2004.