

INFLUÊNCIA DOS CONSTITUINTES DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA SOBRE AS SUAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS

INFLUENCE OF CONSTITUENTS OF THE MORTAR COATING ON ITS RHEOLOGICAL PROPERTIES

Alécio Júnior Mattana*
Eduardo Pereira**
Marianne R. M. M da Costa***

RESUMO

O estudo do comportamento reológico de argamassas é de grande importância porque permite uma avaliação da facilidade de aplicação de argamassa. O objetivo deste estudo é analisar a influência de três tipos de cimento e três níveis de aditivos plastificantes sobre o comportamento reológico de argamassas pelo Squeeze Flow Test. Também foram realizados testes de ar incorporado e reologia de pastas de cimento. Os resultados mostraram que tanto o cimento quanto o aditivo plastificante apresentam correlação com o comportamento reológico das argamassas e que o Squeeze Flow Test tem uma sensibilidade para mostrar a sua influência.

Palavras-chave - Aditivo plastificante. Revestimento de argamassa. Reologia. Squeeze Flow Test.

ABSTRACT

The study of mortars concerning rheological behavior is of great importance because it allows evaluating the ease of application of mortar. The aim of this study is to analyze the influence of three types of cement and three levels of plasticizer additives on the rheological behavior of mortars by Squeeze flow test. Tests of incorporated air and rheology of cement pastes were also performed. The results showed that both the cement and the plasticizer additive influence on the rheological behavior of mortars and that the Squeeze Flow test has sensitivity to show this influence.

Keywords: Plasticizer additive. Mortar coating. Rheology. Squeeze Flow Test.

* Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. E-mail: alehcio@gmail.com

** Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa. E-mail: eduardopereira@uepg.br

*** Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. E-mail: mariennecosta@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO

As argamassas colantes são formadas pela composição de agregados, aglomerantes, água e eventualmente adições e aditivos. No estado fresco, assume-se que estas composições são suspensões concentradas de partículas sólidas (agregados) imersas em um líquido viscoso (pasta ou matriz). Por isso, tem-se um comportamento reológico complexo, não apenas devido aos materiais presentes na mistura, mas também às várias solicitações a que são submetidas durante seu preparo e moldagem.

A necessidade de maior produtividade nos canteiros de obra somada às exigências de mercado tornam o estudo da reologia de argamassas cada vez mais importante. No contexto exposto, o estudo do comportamento reológico das argamassas apresenta-se como uma alternativa viável para avaliação das propriedades deste material, pois seus resultados comprovadamente apresentam uma estreita relação com o comportamento real das misturas em obra, podendo estas análises subsidiar a formulação de produtos que atendam desempenho de alta qualidade e produtividade (PEREIRA, 2012; COSTA, 2006; CARDOSO et al., 2005; CARDOSO et al., 2009).

A reologia é definida como a ciência que estuda a deformação e escoamento da matéria (COSTA, 2006). O estudo da reologia das argamassas tem se mostrado como importante ferramenta para análise da viscosidade e tensão de escoamento das misturas. Sua aplicação proporciona classificar os materiais, analisar seus comportamentos frente a um campo de tensão, relacionar estes comportamentos com sua estrutura, bem como prever o desempenho dos materiais em outros estágios de tensão, deformação, tempo e temperatura (TANNER, 1998; CARDOSO et al., 2005).

Embora os principais requisitos de desempenho dos revestimentos estejam relacionados com as propriedades finais no estado endurecido, o estudo do comportamento das argamassas no estado fresco é essencial uma vez que é nesta condição que o material é aplicado. O conhecimento do comportamento das argamassas no estado fresco possibilita uma moldagem adequada além de permitir minimizar a ocorrência de manifestações patológicas após o endurecimento dos revestimentos, como fissuração, deslocamento e eflorescências (CARDOSO et al., 2009).

Ajustes nas características reológicas das ar-

gamassas favorecem a utilização do potencial máximo de suas propriedades finais, as quais são determinadas pelas propriedades intrínsecas de sua formulação (química, física, tamanho das partículas, proporção de constituintes, teor de água) (CARDOSO et al., 2005). Ao alterar-se a composição das argamassas, seu desempenho também irá variar, tendo em vista todos os fatores envolvidos.

O cimento é o principal aglomerante presente nas misturas, sendo este composto por clínquer e ainda por um teor adição como filer calcário, cinza volante ou escória de alto forno, dependendo do tipo comercial do cimento. A presença destas adições apresentam benefícios como redução de custos para a produção de cimento, redução de emissões de CO₂ na atmosfera, melhorias na qualidade e propriedades dos cimentos, além de apresentar influência significativa no comportamento reológico das misturas de base cimentícia.

A presença de adições ao cimento tende a alterar propriedades, como a coesão e consistência, especialmente quando a granulometria das adições tem finura menor do que a finura do clínquer, como ocorre nos cimentos com adição pozolânica (SILVA, 2007). Nos casos em que a finura das adições é semelhante à do cimento, existe ainda a influência da densidade das partículas das adições que também influenciam nas características reológicas das misturas (FERRARIS et al., 2001).

Frequentemente aditivos são utilizados em argamassas, sendo o tipo de aditivo função da propriedade que se deseja modificar. Frequentemente seus usos destinam-se a melhorar as características de trabalhabilidade, reduzir a segregação, mais coesão nas misturas e aumento do tempo de pega, sendo esta última responsável principalmente por aumentar o rendimento e permitir a aplicação do produto em campo (MARTIN, 2007).

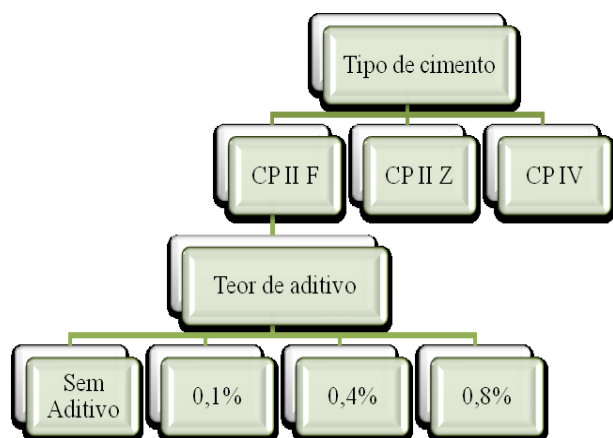
Do ponto de vista científico, no processo de hidratação, o cimento tende a formar grumos, por causa da finura de suas partículas, o que torna difícil estabelecer parâmetro reológico, devido a estas complicações (NUNES et al., 2011). Os aditivos superplastificantes podem facilitar a ação desfloculante sobre o sistema de cimento/água, através da dispersão das partículas provocada pelo surgimento de negativa na superfície dos grãos de cimento (MEIRELLES et al., 1999; GRAEFF et al., 2002). Baseado no

exposto, este artigo busca avaliar a influência do tipo de cimento e do teor de aditivo superplastificante no comportamento reológico de argamassas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo da influência do tipo do cimento no estudo do comportamento reológico das misturas, foram utilizados três tipos de cimento comercial (CPII F 32; CPII Z 32; CPIV 32) e, para a análise do teor de aditivo superplastificante, fixou-se o tipo de cimento e variou-se o teor de aditivo, conforme pode ser observado na Figura 1. Para ambas as situações utilizou-se uma areia natural proveniente da região metropolitana de Curitiba, diâmetro máximo 0,6 mm.

Figura 1 - Variáveis de análise.



Os dados dos cimentos e a massa específica do aditivo foram fornecidos pelos fabricantes, conforme segue:

- Cimento CPII F 32 (adições de filer calcário, 10%);
- Cimento CPII Z 32 (adições de filer calcário de 10% e 14% de cinzas volantes);
- Cimento CPIV 32 (5% de adição de filer calcário e 35 % de cinzas volantes);
- Superplastificantes (massa específica: 1,05 kg / m³).

Além dos dados obtidos junto ao fabricante, procedeu-se também a uma caracterização dos cimentos em laboratório, sendo executados os ensaios de massa específica (NBR NM 23, 2001), granulometria a laser (granulômetro a laser marca Master-Sizer 2000 com o mecanismo de dispersão a seco

obtido pela unidade Scirocco 2000), fluorescência de raios X (Philips modelo Magix Pro) e difração de raios X (difratômetro de raios-X, modelo X' Pert da marca Philips). Sobre as areias executaram-se os ensaios de massa específica (NBR NM 52, 2002) e massa unitária (NBR NM 45, 2006). Os ensaios de caracterização foram executados nos laboratórios de Análises de Minerais e Rochas – LAMIR/ UFPR e no Laboratório de argamassas – LATECA/ UFPR.

Para a moldagem das argamassas, o traço adotado foi de 1: 3, medido em massa. A quantidade de água nas misturas foi determinada pelo ensaio de mesa de consistência executado sobre a argamassa de referência (cimento CPII F 32) e com espalhamento de 250 ± 10 mm (NBR 13276, 2005), adotando-se uma relação água/material seco a partir de 0,162. Para a sequência de mistura, utilizou-se o procedimento de “água sobre o pó” (ANTUNES, 2005). Isto se deve à necessidade de reduzir a quantidade de grumos nas argamassas frescas formados durante a mistura.

Para análise da influência dos aditivos, todas as argamassas foram moldadas com o cimento CPII F 32, sendo uma mistura sem aditivo e as outras com teores de 0,1%, 0,4% e 0,8% em relação ao peso de cimento. A relação água/ materiais secos foi fixada em 0,16.

Para caracterização das argamassas no estado fresco procedeu-se o ensaio de teor de ar aprisionado (NBR 13278, 2005). Adicionalmente procedeu-se o ensaio de Squeeze Flow conforme recomendações da ABNT (NBR 15839, 2010). Neste ensaio analisa-se o fluxo do material decorrente da aplicação de uma carga de compressão sobre a amostra fresca, o que provoca deslocamentos no interior da amostra devido a tensões de cisalhamento geradas durante o fluxo radial. Para execução do ensaio utilizou-se uma máquina universal EMIC DL 10000, célula de carga de 1000 N e taxa de cisalhamento de 0,1 mm/s. Os ensaios de Squeeze Flow foram executados no Laboratório de argamassas – LATECA/ UFPR. A figura 2a apresenta a moldagem das argamassas para o ensaio de Squeeze, e a Figura 2b mostra a execução do ensaio na prensa universal.

Figura 2 - Squeeze Flow Teste: (a) Preparação da amostra para ensaio; (b) Squeeze Flow Teste em andamento.



(a)

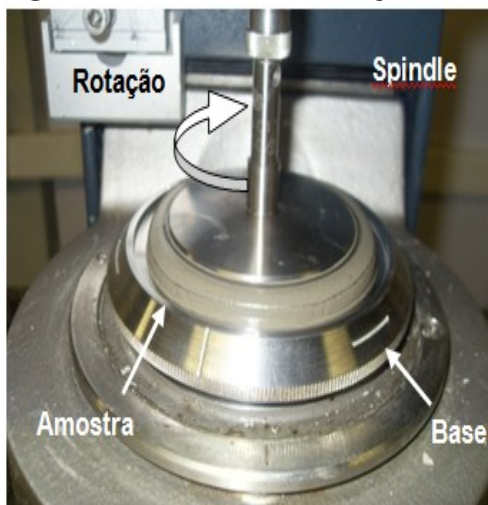


(b)

Executou-se ainda o ensaio de reometria sobre as pastas de cimento. Para a moldagem das pastas adotou-se uma relação a/c fixa de 0,30. Para este ensaio utilizou-se o Reômetro Thermo RheoS-tress HAAKE 600. Foi utilizado o teste de reometria como uma análise comparativa e complementar dos resultados obtidos com o Squeeze Flow executado sobre as argamassas. Os ensaios de reometria foram executados no LACTEC/ Curitiba.

O reômetro empregado foi do tipo placa-placa, que aplicou, através de um spindle, rotações variadas de acordo com taxas de cisalhamentos definidas (0 até 60 s^{-1}), ou seja, o cisalhamento aplicado foi controlado, e o torque foi avaliado. A partir do torque foi possível definir as viscosidades das pastas relativas às taxas de cisalhamento estabelecidas. A Figura 3 foca-liza a base e o spindle do equipamento, caracterizan-do suas partes e o movimento de rotação.

Figura 3 - Ensaio de reometria da pasta.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO DE TESTE

3.1 Influência do tipo de cimento

Os resultados de difração de raios-X dos cimen-tos são mostrados na Figura 4. Os picos mais altos caracterizam os principais componentes cristalinos presentes nos cimentos. Deve notar-se que, em geral, a maioria destes picos é similar em cada material e

permitem afirmar que independente do tipo comercial existe uma semelhança entre eles. Os picos represen-tam elementos, tais como os silicatos de cálcio, carbonato de cálcio, magnesita, gesso, quartzo, que são os principais componentes de cimento. A avaliação deste ensaio é apenas qualitativa. Para se obter uma análise química mais precisa utilizou-se o ensaio de fluorescência de raios X. Os resultados de fluorescência de raios X são apresentados na Tabela 1.

Figura 4: Difratogramas de raios X dos cimentos.

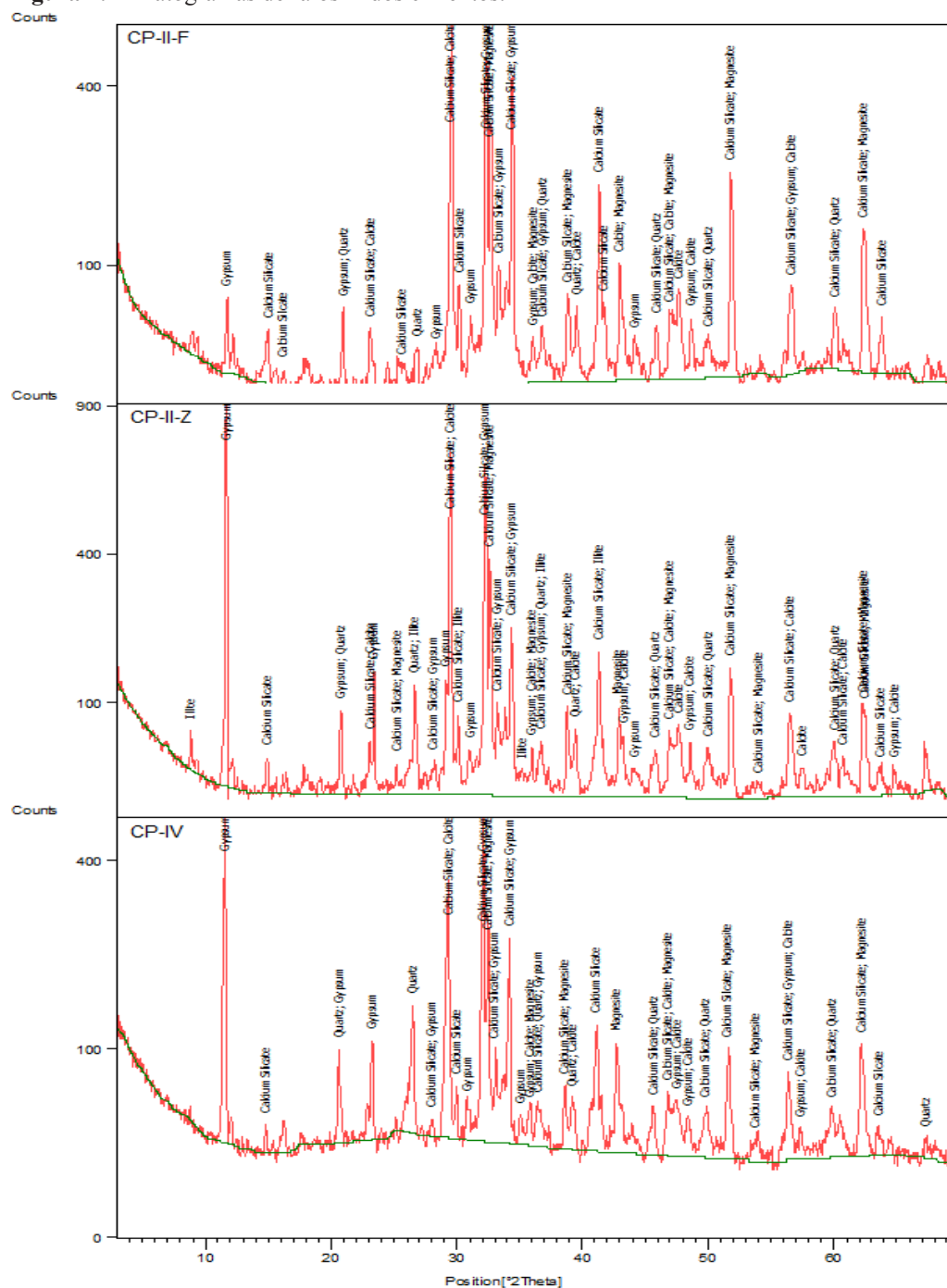
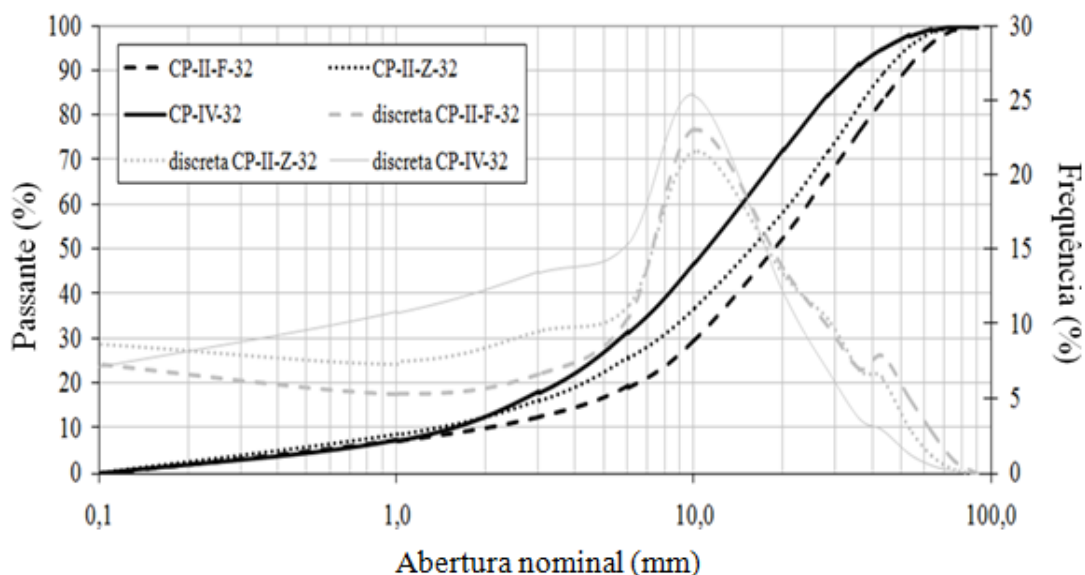


Tabela 1: Resultados de fluorescência de raios X dos cimentos (% em massa de óxidos totais).

Cimento	CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)
CPII F	60,26	18,44	4,33	2,59	4,67	3,08	0,82	0,11	0,14	0,24	0,05
CPII Z	51,77	23,75	7,26	2,92	4,14	2,80	1,01	0,14	0,14	0,37	0,07
CPIV	41,00	31,58	11,31	3,41	3,34	2,54	1,31	0,19	0,13	0,55	0,10

Além das propriedades químicas de cimento, foi analisada a granulometria do cimento, cujo resultado é representado na Figura 5.

Figura 5: Curva de distribuição granulométrica dos cimentos, obtidos por granulometria a laser do material passante na peneira de abertura de 0.075 mm.



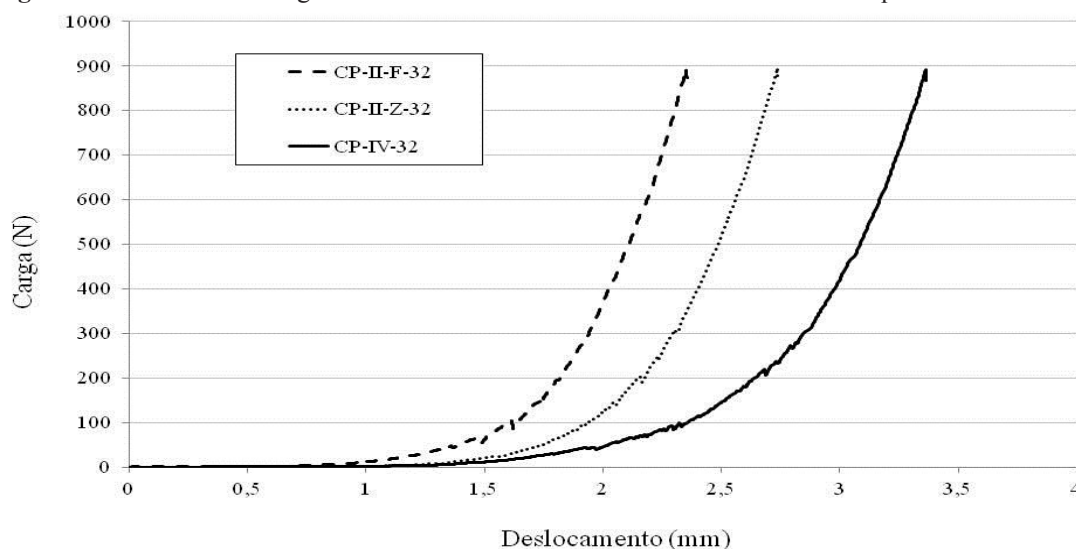
A distribuição granulométrica das partículas mostra que o cimento CP IV possui uma maior quantidade de finos (partículas entre 0,2 μm e 10 μm), seguido pelo CII Z e pelo CII F, devido ao tipo e quantidade de adição presente em cada cimento. Além disso, observa-se que, na faixa de grãos com dimensões entre 40 e 100 μm , o cimento CII F possui maior frequência, seguido pela CII Z e CII V em quantidades menores.

Cimentos CII V e CII Z têm cinza volante como adição, enquanto o CII F tem apenas a adição de filer calcário. Com os resultados de granulometria a laser dos cimentos pode ser verificado que o cimento com cinza volante é mais fino do que aquele com a adição de filer calcário e que, quanto maior a adição do material pozolânico, maior a quantidade de finos no cimento.

A diferença da finura das adições é basicamente resultante do processo de produção que a originou, já que a cinza volante é um material fina-

mente particulado proveniente da queima de carvão pulverizado em usinas termelétricas, e o filer calcário é obtido através de moagem de rocha calcária. Cabe destacar que a finura das adições pode ainda sofrer influência do processo de moagem após sua mistura com o clínquer; por exemplo, o filer tornar-se ainda fino ao compor o cimento.

No que se refere à morfologia das partículas, as partículas de cinza são tipicamente esféricas, uma vez que as partículas de filer calcário, por ser resultado de moagem de rocha, apresentam grãos mais rugosos e angulosos (DAL MOLIN, 2007; MEHTA, MONTEIRO, 2006). Argamassa com grãos ásperos e angulares tende a ter um comportamento reológico inferior do que misturas com grãos esféricos e suaves. Curvas carga versus deslocamento obtidas no ensaio de Squeeze Flow das argamassas são apresentadas na Figura 6.

Figura 6: Curvas de carga versus deslocamento obtidas no ensaio de Squeeze Flow.

As curvas obtidas no ensaio de Squeeze Flow são diferentes entre si, demonstrando o impacto do tipo de cimento sobre o comportamento reológico da argamassa, uma vez que o tipo de areia e relação água / materiais secos foram mantidos constantes. Podem-se observar diferentes cargas máximas para um mesmo deslocamento, caracterizando diferenças nas características da argamassa. Na prática, isto irá representar uma maior ou pior facilidade de aplicação do material pelo pedreiro. O Squeeze Flow foi ajustado para um deslocamento máximo de 5 mm, e em nenhuma dos três argamassas este limite foi atingido, uma vez que os limites da célula de carga (1000 N) foram alcançados anteriormente, representando o embricamento entre as partículas da mistura.

As argamassas com cimento CPIV apresentaram um maior intervalo de deslocamento (aproximadamente 3,5 mm), seguido de cimento CP II Z e finalmente pelo cimento CP II F. A razão para esta diferença no comportamento reológico pode ser atribuída a diferenças de granulometria e na morfologia dos grãos de cimento, mais especificamente, do tipo e do teor das suas adições, uma vez que todos os cimentos apresentam o mesmo clínquer como base de formulação.

O cimento CII F apresentou grãos maiores, devido à adição de filer. Este fato provavelmente facilitou a aproximação entre eles, ou seja, a argamassa atingiu a fase de embricamento dos grãos mais rapidamente, sendo necessária maior força para uma mesma deformação imposta durante o ensaio. Aliada à granulometria encontra-se a morfologia dos grãos,

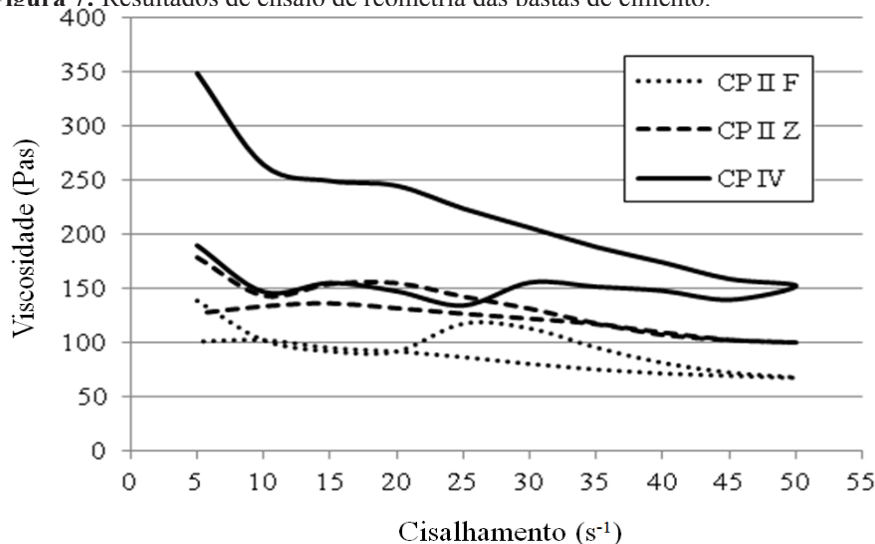
que também pode ter influenciado o comportamento reológico da pasta, já que o filer calcário possui partículas mais rugosas e angulosas do que a cinza volante, por ser resultado de moagem de rocha.

A composição química de cada adição pode ter tido interferência na reologia das argamassas; porém isto não é abordado neste documento, caracterizando-se como um assunto a ser desenvolvido futuramente.

A cinza volante é uma pozolana silicosa ou silicoaluminosa, que por si só possui pouca propriedade cimentícia, mas, quando na presença de umidade, reage quimicamente com o hidróxido de cálcio para formar compostos com propriedades cimentantes (NBR 12653, 1992). No que se refere aos cimentos CII Z e CII V que possuem esta adição, cabe salientar que o impacto da reatividade da cinza volante no comportamento reológico da argamassa não foi considerado nesta etapa do trabalho, pois as argamassas foram submetidas ao ensaio Squeeze Flow logo após a mistura, momento no qual as reações pozolânicas provavelmente ainda não foram iniciadas.

Além do comportamento reológico da argamassa, foi determinado também o comportamento reológico das respectivas pastas cimentícias; neste caso, através de reômetro específico para pastas. O resultado desse ensaio está apresentado na Figura 7. Observa-se que a pasta de cimento CPIV possui maior viscosidade, seguida pela pasta de cimento CII Z e CII F. Esse comportamento se deve à maior área específica do CPIV seguido pelo CII Z e o CII F, tendo-se em vista que a relação água/cimento foi mantida constante entre as pastas.

Figura 7: Resultados de ensaio de reometria das pastas de cimento.

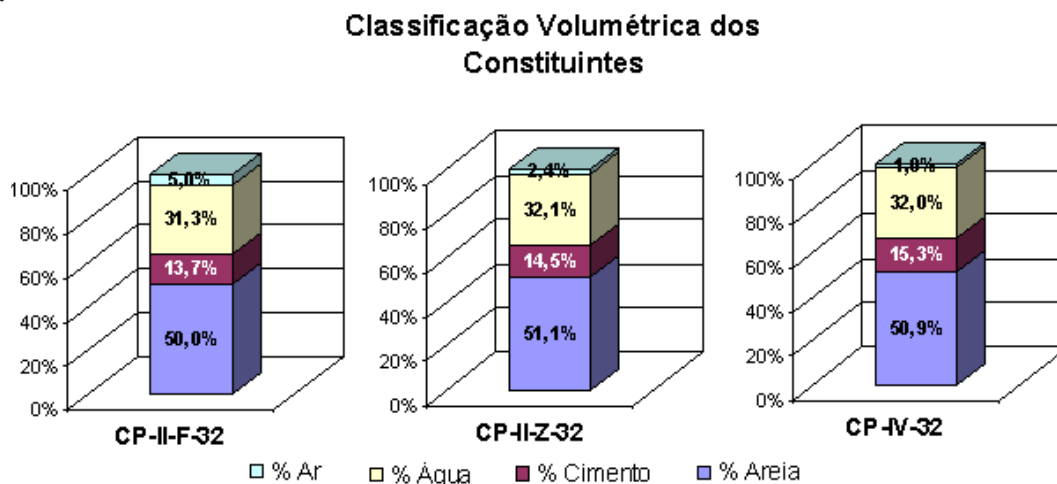


Comparando-se ainda os resultados de reometria das pastas com os comportamentos reológicos das respectivas argamassas, observa-se que as pastas menos viscosas determinaram argamassas com menor deformabilidade no ensaio de Squeeze Flow. Uma justificativa para este comportamento pode ser o fato de que a pasta preparada com cimento CPII F é mais fluida, a qual supostamente tende a ser primeiramente expulsa da argamassa, que por sua vez deixaria de agir no contato entre os grãos de areia. As pastas de CPII Z e CPIV sendo menos fluidas devido ao maior teor de material fino permanecem por mais tempo na argamassa durante o ensaio, envolvendo os grãos de areia e retardando com isso o embricamento entre eles.

Outra análise pode também ser feita a partir do ar incorporado. Um fluido de argamassa tende a permitir mais fácil penetração de ar durante a mistura, o que foi confirmado por testes de teor de ar incorporado (Figura 8), em que a argamassa de cimento preparado com CPII F (colar com viscosidade mais baixa, isto é, mais fluido), teve a maior quantidade de ar incorporado.

Uma outra análise pode também ser feita a partir do teor de ar incorporado. Uma argamassa mais fluida tende a permitir mais facilmente a entrada de ar durante a mistura, confirmado pelo ensaio de teor ar incorporado (Figura 8), no qual a argamassa preparada com cimento CPII F (pasta com menor viscosidade, ou seja, mais fluida), apresentou maior teor de ar incorporado.

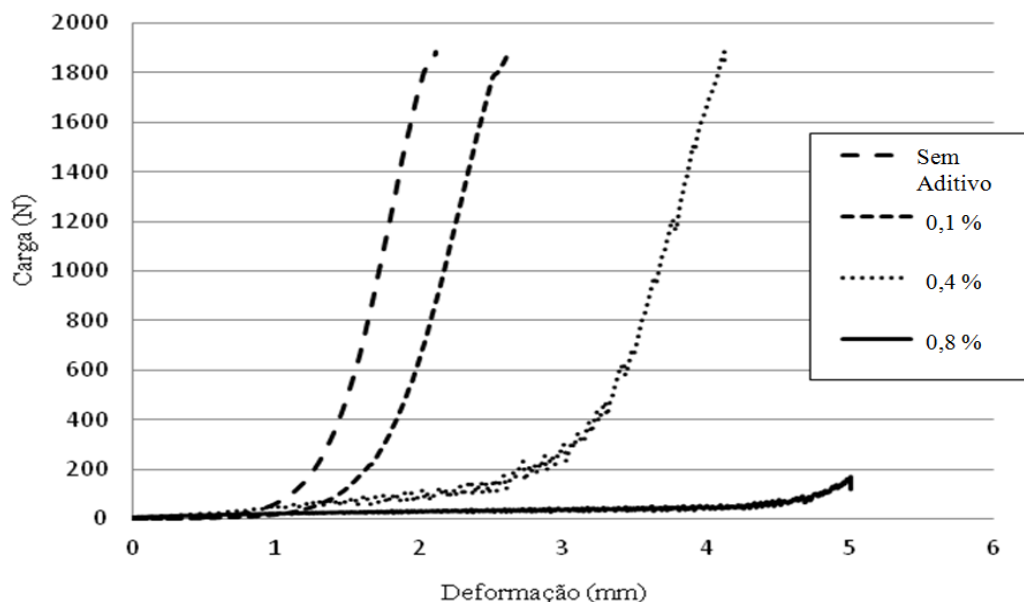
Figura 8: Classificação volumétrica dos constituintes presentes nas argamassas.



3.2 Influência da Adição Plastificante

As curvas reológicas do Squeeze Flow estão representadas num gráfico de carga versus deslocamento apresentado na Figura 9.

Figura 9: Curvas de carga versus deslocamento obtido no ensaio de Squeeze Flow.

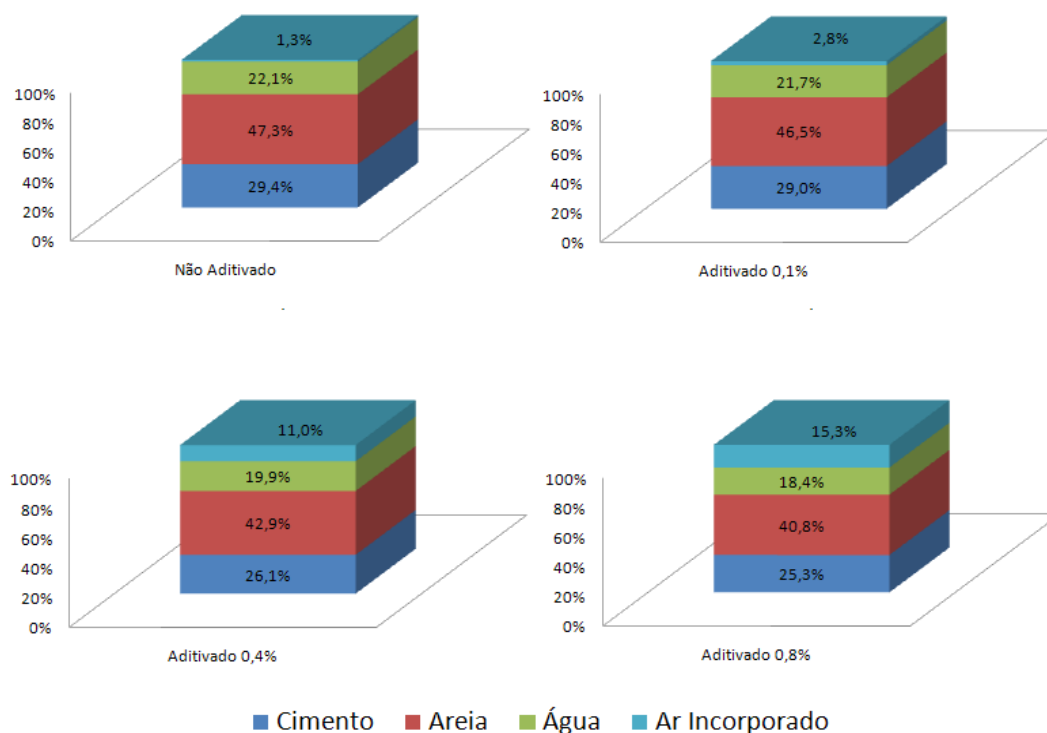


As curvas obtidas através do ensaio mostram que o aumento do teor de aditivo determina a redução de carga para que se atinja uma mesma deformação relativa. O ensaio mostrou que a argamassa sem aditivo atingiu a capacidade máxima da célula de carga do equipamento, e sua deformação máxima foi de cerca de 2 mm. Isso significa que o pedreiro no momento de aplicar a argamassa sobre a parede necessitará de maior força para executar o acabamento.

A mistura com 0,1% da massa de cimento em aditivo não apresentou significativa diferença entre a argamassa sem aditivo. Cabe salientar que esse teor é menor que o teor mínimo recomendado pelo fabricante (intervalo recomendado: 0,2 a 0,8% do peso de cimento). As argamassas com teores de

0,4 e 0,8% de aditivo apresentaram maior distinção em relação às duas primeiras, sendo que a com teor de 0,8% a diferença foi mais expressiva. As curvas mostram que as argamassas atingem maior deslocamento para uma mesma intensidade de força. No canteiro de obra isso significa que o pedreiro pode ter mais facilidade no momento de aplicar a mistura.

O efeito do aditivo é de dispersar as partículas de cimento evitando os grumos, o que pode ser uma das justificativas para o comportamento das curvas. Outro efeito do aditivo foi atribuir maior quantidade de ar incorporado à mistura conforme o seu teor. O gráfico da Figura 10 mostra a distribuição em porcentagem de cada material presente em certo volume de argamassa.

Figura 10: Classificação volumétrica dos constituintes presentes nas argamassas.

Verifica-se que, quanto maior o teor de aditivo, maior foi a incorporação de ar pela mistura. Relacionando esses resultados com os do ensaio de Squeeze Flow, é possível afirmar que, quanto maior a quantidade de ar na argamassa, maior foi a deformação da mistura.

4. CONCLUSÕES

Pode-se verificar que o tipo de cimento interfere no comportamento reológico das argamassas. A partir dos resultados obtidos no experimento, é mais provável que essa interferência tenha ocorrido devido à diferença de granulometria e morfologia dos cimentos, mais especificamente das suas adições.

As adições interferem na consistência da pasta, pois influenciam no arranjo entre os grãos e na quantidade de água absorvida devido à diferença na

superfície específica. A maior viscosidade da pasta com CPIV foi um demonstrativo deste comportamento.

Quanto ao aditivo, pode-se verificar que até certo ponto o aditivo auxilia nas propriedades reológicas da argamassa, mas, se utilizados em teores muito elevados, podem prejudicar outras propriedades, principalmente ao longo do tempo.

Considerando a análise dos gráficos de Squeeze Flow das argamassas, pode-se supor que todas são aplicáveis, apesar de o fato de maiores cargas no ensaio Squeeze Flow representarem maior necessidade de força na aplicação da argamassa, o que demanda maior dificuldade de aplicação. Outro ponto avaliado foi a sensibilidade do ensaio Squeeze Flow na análise das argamassas, pois em situações em que elas pareciam idênticas o ensaio mostrou-se eficiente em apresentar a diferença nos parâmetros reológicos.

5. REFERÊNCIAS

- ANTUNES, R. P. N.; JOHN, V.; PILEGGI, R. G. Influência da sequencia de mistura nas propriedades reológicas de Argamassas avaliadas por Squeeze Flow. In: SBTA, 6. **Anais...** Florianópolis, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland e outros materiais em pó**. Determinação da massa específica – NBR MN 23. Rio de Janeiro, 2001.
- _____. **Agregados**. Determinação da massa unitária e do volume de vazios – NBR NM 45. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. **Agregado miúdo**. Determinação de massa específica e massa específica aparente – NBR NM 52. Rio de Janeiro, 2002.
- _____. **Materiais pozolânicos** - Especificação – NBR 12653. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**. Preparo da mistura e determinação do índice de consistência – NBR 13276. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas**. Caracterização reológica pelo método Squeeze Flow - NBR 15839. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**. Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278. Rio de Janeiro, 2005.
- CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de Squeeze Flow. In: SBTA, 6. **Anais...** Florianópolis, 2005.
- _____.; _____.; _____. Rheological behavior of mortars under different squeezing rates. **Cement and Concrete Research**, v.39, p.748–775. 2009.
- 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.
- DAL MOLIN, D. C. C. Adições Minerais para Concreto Estrutural. In: ISAIA, G.C. (Ed). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 345-379.
- FERRARIS, C. F.; OBLAB, H.; HILLB, R. The influence of mineral admixtures on the rheology of cement paste and concrete. **Cement and Concrete Research**, v.31, p. 245–255, 2001.
- GRAEFF, A. G. ; SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto da . Análise e comparação das propriedades de aditivos superplastificantes. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 17, 2002. **Anais...** Passo Fundo - RS. CRICTE 2002.
- MARTIN, J. F. Matias. Aditivos para Concreto. In: ISAIA, G.C. (Ed). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON. pp. 382-406. 2007.
- MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.
- MEIRELLES, J. R; LIBARDI, J; BALDO, J. B. O efeito da redosagem de superplastificante no abatimento de pastas de cimento Portland. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43. Florianópolis, 1999. **Anais...**
- GOLASZEWSKI, J; SZWABOWSKI, J. Influence of superplasticizers on rheological behaviour of fresh cement mortars. **Cement and Concrete Research**. v. 34, p. 235–248. 2004,
- NUNES, S; OLIVEIRA, P. M; COUTINHO, J. S; FIGUEIRA, J. Rheological characterization of SCC mortars and pastes with changes induced by cement delivery. **Cement and Concrete Composites**, v.33, p.103–115, 2011.
- 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 de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná – PPGECC/ UFPR. Curitiba, 2012.
- SILVA, M. G. Cimento Portland com adições minerais. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 761-793.
- TANNER, R. I. **Engineering rheology**. Rev.ed. New York: Oxford Science Publications, , 1998.