



## ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA NO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM AREIA BRITADA

**Cleverson de Freitas (1); Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa (2)**

(1) Departamento de Construção Civil – Universidade Federal do Paraná, Brasil – e-mail:  
malthus@onda.com.br

(2) Departamento de Construção Civil – Universidade Federal do Paraná, Brasil – e-mail:  
mariennecosta@uol.com.br

### RESUMO

A distribuição granulométrica dos agregados contribui decisivamente no desempenho das argamassas de revestimento. Com o objetivo de verificar os efeitos que a distribuição granulométrica de areias de britagem de rocha calcária provoca nas propriedades da argamassa de revestimento, produziram-se 5 argamassas (uma com areia natural aluvionar e quatro com areia de britagem de rocha calcária). Com as quantidades de materiais secos fixa, utilizou-se o índice de consistência de  $250 \pm 10$  mm realizado na mesa de espalhamento (*Flow table*) para a dosagem da proporção de água/materiais secos. Utilizou-se cimento CPII F 32, cal hidratada CH – III, areia natural e areias de britagem de rocha calcária. As argamassas foram preparadas no traço em volume 1:2:9 (cimento : cal : areia), transformado para massa. No estado fresco foram determinados: a densidade de massa, teor de ar incorporado, retenção de água e *Squeeze-flow*. No estado endurecido, aos 28 dias, determinou-se a densidade de massa aparente, resistências à compressão e à tração na flexão, índice de vazios e absorção de água por capilaridade. Os resultados indicaram que a presença de finos exigiu maior quantidade de água e melhorou as resistências mecânicas, porém tornaram as argamassas mais fluidas podendo ocasionar maior dificuldade durante a sua aplicação prática.

Palavras-chave: agregado artificial; granulometria, argamassa, reologia, *Squeeze flow*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 O cenário da utilização dos agregados na construção civil

As economias modernas consomem recursos naturais (matérias-primas) de forma crescente na produção de bens e serviços. A construção civil é uma das maiores consumidoras mundiais de matérias-primas naturais. A utilização dos recursos naturais se dá principalmente na fabricação do cimento e no beneficiamento de agregados – pedra britada e areia – visando à produção de concretos e argamassas (Relatório Freedonia Group, 2006)

A areia britada de rocha, tecnicamente denominada de agregado miúdo de britagem, vem sendo amplamente utilizada como alternativa para substituição da areia natural proveniente dos leitos de rios, na medida em que as jazidas de areia natural ou se esgotam ou sofrem restrições pela preservação ambiental (Silva, 2006).

A Região Metropolitana de Curitiba, pelos dados oficiais de produção, tem um consumo per capita de brita igual ao do Paraná, de aproximadamente 0,2 t/ano. Este consumo é 3,5 vezes menor que a média nacional que é de 0,7 t/ano por pessoa, o que sugere problemas com as quantidades declaradas. As frentes de lavras ativas na Região Metropolitana de Curitiba que produzem brita são aproximadamente 65, além de outros materiais utilizados diretamente na construção civil (pavimentação, calçamento, guias e subsidiariamente rochas para uso ornamental)(DNPM, 2004).

Quando se analisa a exploração da areia, a produção anual média de areia na Região Metropolitana de Curitiba, conforme declarada pelos mineradores no período de 1995 a 2000 foi de 962.140 t/ano (correspondente acerca de 641.427 m<sup>3</sup>). Considerando que a Região Metropolitana de Curitiba é auto-suficiente em areia e que a mesma possui uma população de cerca de três milhões de habitantes, isso resulta num consumo per capita de aproximadamente 0,3 t/ano o que é metade da média nacional e provavelmente reflete uma subestimação da produção.

A areia é extraída das planícies de inundação do rio Iguaçu e alguns afluentes, onde o relevo é plano, com inundações periódicas. As lavras exibem cavas inundadas como característica comum, de tamanho e forma variáveis, separadas por faixas de terra, e não raramente preenchidas por dejetos diversos. Salvo algumas poucas exceções, as áreas são abandonadas pelos mineradores criando uma paisagem bastante degradada (DNPM, 2004).

Verifica-se assim que a utilização da areia britada de rocha em substituição a areia natural na produção de argamassas torna-se necessária, porém, há necessidade da investigação das consequências desta substituição em termos de desempenho. Desta forma, a importância da realização de estudos que venham contribuir, tanto na busca de soluções sustentáveis como também no conhecimento das propriedades das argamassas produzidas com areia britada de rocha é iminente, pois a indústria e o mercado consumidor carecem de tais informações.

## 1.2 A influência da distribuição granulométrica das partículas

As propriedades reológicas de suspensões são influenciadas por partículas conforme sua quantidade e dimensões, relacionadas pela distribuição granulométrica onde se verificam as variações dimensionais e quantitativas de partículas que compõe a mistura. Nas argamassas, a fração fina é representada, na sua maioria, pelas partículas de cimento, e a fração graúda, pela areia (Pileggi, 2001)

Bonin *et al.*(1999) investigaram o impacto do teor de finos em areias com distribuição granulométrica contínua ou descontínua, e indicaram a necessidade de investigação para o emprego da composição das areias com uma otimização na sua distribuição granulométrica.

As partículas finas formam a matriz que envolve a fração graúda (agregados), assim é necessária a análise dos fenômenos que ocorrem em ambos os grupos de partículas para a compreensão das propriedades reológicas das argamassas (PILEGGI, 2001).

Dessa forma, o fluxo da mistura é influenciado pela quantidade de matriz e suas características reológicas (viscosidade e tensão de escoamento). A quantidade de matriz que envolve o agregado deve ser suficiente para um adequado fluxo. O excesso de matriz e viscosidade elevada ocasiona dificuldades no fluxo da mistura, ocorrendo o escoamento somente se forem aplicadas tensões superiores à tensão de escoamento da matriz. Pouca quantidade de matriz possibilita choque entre os agregados da fração graúda, tornando a mistura muito fluida, com baixa tensão de escoamento e inadequada à utilização, conforme a sua destinação (COSTA, 2006).



Por outro lado, a fração graúda influencia a mistura com relação à dificuldade espacial de movimentação entre os agregados, função da proporção matriz/agregado e do atrito entre os grãos. Assim o equilíbrio quantitativo entre matriz e agregado possibilita o equilíbrio das forças internas (de superfície e mássicas) que atuam na mistura e permite, devido ao adequado desempenho reológico, a sua aplicação prática. A presença da matriz entre os agregados lubrifica seu contato e a mistura passa a ser dominada pelas forças de superfície (ANTUNES, 2005).

Ainda com relação à influência da granulometria das partículas no comportamento reológico de suspensões, há o grau de empacotamento de partículas, onde o conjunto da fração fina e da fração graúda determina um grau de empacotamento à mistura, isto é, pode ser definido como o problema da correta seleção da proporção e do tamanho adequado dos materiais particulados, de forma que os vazios maiores sejam preenchidos por partículas menores, cujos vazios serão novamente preenchidos com partículas ainda menores e assim sucessivamente (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009). A Figura 1 apresenta alguns exemplos de empacotamento de partículas.

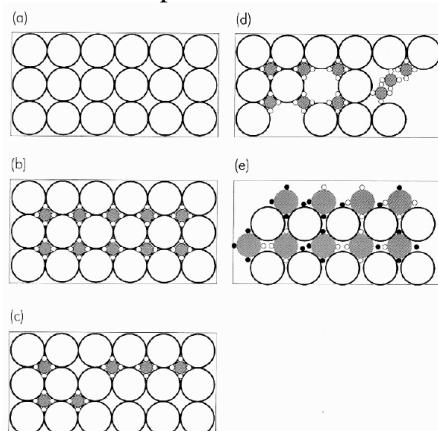


Figura 1 – Efeito da quantidade e do tamanho das partículas sobre a eficiência de empacotamento: a) monodispersão; b) máxima densidade de empacotamento; c) deficiência de partículas pequenas; d) deficiência de partículas grandes; e) distribuição inadequada de partículas (ROY *et al.*, apud PILEGGI, 2001).

Sendo assim, o projeto da distribuição de tamanho de partículas é de fundamental importância, pois promove o empacotamento e, juntamente com o fluido, define as propriedades reológicas do material durante o processo de mistura e quando no estado fresco.

O outro fator que pode alterar a condição de empacotamento é a morfologia das partículas. Quanto menos esférica for a partícula, menor será a densidade de empacotamento de uma distribuição que a contenha, pois se verifica o atrito entre as partículas a partir do contato de suas superfícies irregulares. Quanto menor o tamanho das partículas irregulares, maior será esse efeito, devido à maior área superficial específica (CASTRO; PANDOLFELLI, 2009).

Assim, diversos autores investigaram a influência dos diversos tipos de areia originárias da britagem de rochas (PANDOLFO *et al.*, 2005; TRISTÃO *et al.*, 2005; SAMPAIO, BASTOS, 2009) e a conclusão é que o excesso de finos, em termos de aplicação prática, acaba sendo prejudicial, pois ocasiona alterações na trabalhabilidade da argamassa bem como pela ocorrência eventual de fissuras durante a secagem da argamassa.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar como a distribuição granulométrica dos agregados contribui para o desempenho de argamassas de revestimento a partir de agregados artificiais da Região Metropolitana de Curitiba.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Variáveis de Estudo

Foram estabelecidas como variáveis do trabalho, o tipo de areia e a relação água/materiais secos empregado para a execução de cada argamassa.

### 3.2 Condições Fixas

Como condições fixas foram estabelecidas:

- Condições de preparação das argamassas, segundo a norma NBR 13276 (ABNT, 2005);
- Argamassa mista na proporção de mistura 1:2:9 de cimento, cal e areia, em volume.;
- Índice de consistência  $250 \pm 10$  mm. A fixação do índice de consistência foi utilizada como parâmetro para a dosagem da proporção água/materiais secos.

### 3.3 Materiais empregados

Os materiais empregados no programa experimental foram:

- Cimento Portland composto CP II – F – 32;
- Cal hidratada CH III;
- Areias conforme a Tabela 1

Tabela 1 – Relação das amostras de areia

Amostra de areia	Origem	Localização
<b>M</b>	Migmatito	Pomerode/SC
<b>N</b>	Aluvionar	Rio Iguaçu – Balsa Nova/PR
<b>C1</b>	Calcário Calcítico	Rio Branco do Sul/PR
<b>C2</b>	Calcário Calcítico	Campo Largo/PR
<b>D</b>	Calcário Dolomítico	Itaperuçu/PR

### 3.4 Caracterização dos materiais constituintes das argamassas

Nas Tabela 2 e 3 são apresentadas as principais características dos materiais empregados no estudo e os métodos adotados na caracterização destes.

A caracterização da natureza mineralógica da areia natural e das areias de britagem foi feita por difração de Raios X. Os principais minerais detectados para a areia natural foram: quartzo, microcline e albita e para as areias de britagem: quartzo, dolomita, calcita.

Tabela 2 – Características físicas CP II F – 32 e da cal hidratada CH III

Ensaio	Método de ensaio	Resultado	
		cimento	cal
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 23	3,05	2,27
Massa unitária no estado solto (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 45	1,15	0,643

Tabela 3 – Características físicas das areias de britagem e da areia natural

Ensaio	Método de ensaio	Resultado - Areias				
		M	N	C1	C2	D
Módulo de finura	NBR 248	2,39	2,45	2,43	2,52	2,31
Dimensão máxima característica (mm)		4,8	4,8	4,8	2,4	4,8
Massa unitária - estado solto (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 45	1,85	1,62	1,84	1,76	1,98
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 52	2,70	2,52	2,64	2,66	2,80
Índice de vazios (%)	Adaptado*	31,48	35,71	30,3	33,83	29,29



\*Diferença entre a massa específica e a massa unitária com relação à massa específica multiplicado por 100.

As proporções das frações fina e graúda das areias estão apresentadas na Figura 5 e as curvas de distribuição granulométrica das areias, obtidas pelo peneiramento na estão apresentadas na Figura 6.

A curva granulométrica detalha a dimensão das partículas do agregado miúdo, sendo para isso utilizado o ensaio de peneiramento com a série normal de peneiras da ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas-, e a caracterização granulométrica pelo granulômetro a laser do material passante na peneira nº. 200 (abertura 0,075 mm), de forma a dar continuidade à curva granulométrica de todas as frações que compõem os agregados miúdos

Com os dados obtidos da análise granulométrica verificou-se que a areia natural de origem aluvionar (N) possui a maior concentração de grãos na faixa de 0,15 mm a 4,8 mm (fração graúda), na ordem 91% do seu peso total, enquanto que as areias de britagem de rochas apresentaram um elevado teor de fração fina (material passante na peneira 0,075 mm), em destaque a areia de britagem de calcário dolomítico (D) com 31%, conforme a Figura 5. Nota-se também que as curvas dos agregados miúdos artificiais de origem calcário calcítico (C1 e C2), de origem migmatito (M) e de origem dolomítico (D) são semelhantes no formato da distribuição (Figura 6) com diferenças nas porcentagens, o que provavelmente determinará empacotamentos diferentes entre os grãos desses agregados miúdos.

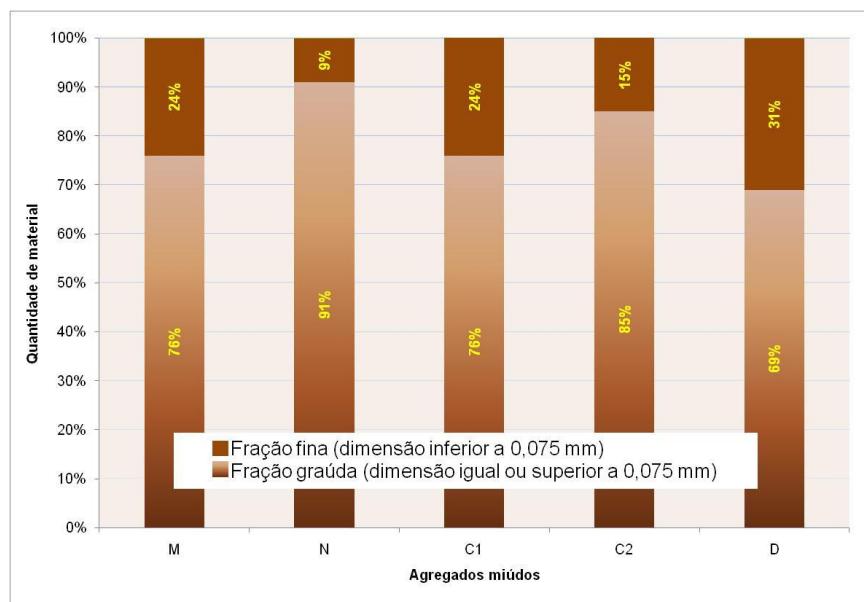


Figura 5 – Quantidade de fração graúda e fração fina dos agregados miúdos.

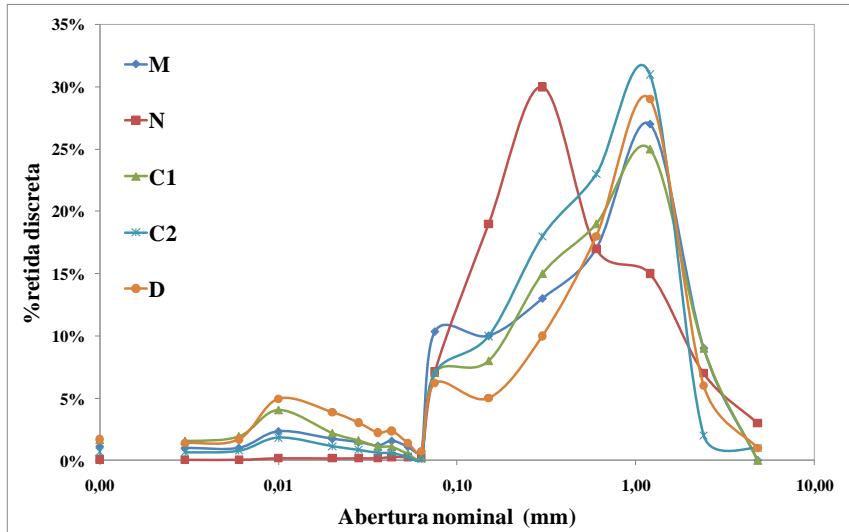


Figura 6 – Curvas de distribuição granulométrica das areias

### 3.5 Preparação das argamassas

Foram adotados os procedimentos descritos na norma NBR 13276 para argamassa à base cimento e cal hidratada, com a temperatura e umidade do ar controlado no laboratório, respectivamente em 23° e 58%. A dosagem dos materiais constituintes foi feita em massa e a mistura foi realizada em argamassadeira.

### 3.6 Caracterização das argamassas no estado fresco e no estado endurecido

As argamassas foram caracterizadas no estado fresco, imediatamente após a mistura e no estado endurecido, aos 28 dias, realizando-se 3 repetições para cada um dos ensaios tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados das médias dos valores dos ensaios de caracterização nos estados fresco e endurecido são apresentados nas Tabelas 4 e 5

Tabela 4 – Características das argamassas no estado fresco

Método de ensaio	unidade	Argamassas				
		M	N	C1	C2	D
Índice de consistência - NBR 7215	mm	252	251	251	255	257
Densidade de massa - NBR 13278 (C.V. - %)	kg/m <sup>3</sup>	1322 (0,15)	1219 (1,02)	1375 (0,91)	1316 (1,38)	1422 (0,49)
Teor de ar incorporado - NBR 13278 (C.V. - %)	%	9 (1,44)	8 (13,50)	5 (16,07)	7 (19,62)	6 (8,13)
Retenção de água - NBR 13277 (C.V. - %)	%	85 (2,09)	80 (1,31)	87 (0,71)	84 (0,96)	82 (3,01)

C.V. – coeficiente de variação

Tabela 5 – Características das argamassas no estado endurecido

Argamassas	Índice de vazios (%) <sup>1</sup> - C.V. (%)	Densidade de massa (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup> - C.V. (%)	água por imersão (%) <sup>3</sup> - C.V. (%)	capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> ) <sup>3</sup> - C.V. (%)	específica seca (kg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup> - C.V. (%)	saturada (kg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup> - C.V. (%)	compressão (Mpa) <sup>4</sup> - C.V. (%)	à tração (Mpa) <sup>4</sup> - C.V. (%)
M	28,12 (0,19)	1757 (0,60)	15,46 (0,04)	22,2 (2,70)	1,82 (0,06)	2,05 (4,06)	2,1 (10,8)	0,6 (30,2)
N	28,3 (0,71)	1581 (0,60)	16,51 (0,81)	26,6 (5,80)	1,73 (1,50)	1,97 (4,88)	1,0 (9,5)	0,4 (5,2)
C1	31,28 (0,44)	1760 (1,10)	17,66 (0,51)	27,2 (2,20)	1,77 (0,16)	2,05 (2,28)	2,2 (3,9)	0,7 (21,8)
C2	28,28 (0,23)	1762 (0,50)	15,54 (0,33)	23 (1,50)	1,83 (0,41)	2,08 (2,28)	1,8 (4,3)	0,7 (3,0)
D	31,2 (0,27)	1780 (0,40)	17,15 (0,42)	31,9 (0,50)	1,82 (0,17)	2,09 (2,63)	1,6 (3,9)	0,6 (14,0)

<sup>1</sup> Segundo a NBR 9778; <sup>2</sup> Segundo a NBR 13280; <sup>3</sup>Segundo a NBR 9779; <sup>4</sup> Segundo a NBR 13279; C.V. – coeficiente de variação.



Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 4, verifica-se que as argamassas com maior densidade de massa M, C1 e D, foram exatamente as mesmas que apresentaram maior teor de fração fina na distribuição granulométrica, respectivamente 24%, 24% e 31%. Observa-se ainda, que essas argamassas, não necessariamente, necessitam de um teor de água maior que as demais, pois devido ao maior teor de pasta proveniente desta fração fina (material passante na peneira 0,075 mm) obtiveram valores de índice de consistência dentro da faixa determinada no ensaio da mesa de consistência, mesmo com teores mais baixos de água.

Todas as argamassas com areia britada apresentaram resultados para as resistências mecânicas (Tabela 5) maiores do que a argamassa com areia natural (N), provavelmente devido ao fato de possuírem maior densidade de massa no estado endurecido, consequência do maior teor da fração fina das areias britadas em relação à areia natural e também pelos menores valores para o índice de vazios (Tabela 3), ou seja, houve maior formação de pasta nas argamassas com areia britada e menor relação água/materiais secos do que na argamassa com areia natural.

A morfologia é outra característica das areias que pode ter influenciado nos valores do índice de vazios das argamassas devido a areia britada ser mais angulosa e menos esférica do que as partículas da areia natural, dificultando o empacotamento entre os grãos da areia.

Verificou-se que os teores das frações das areias (Figura 5) influenciaram o comportamento da massa específica das argamassas no estado endurecido, pois a areia natural (N) com o menor teor da fração fina e o maior índice de vazios (Tabela 3) gerou uma argamassa com um baixo valor de massa específica no estado endurecido e em contrapartida a areia D com o maior teor da fração fina e menor índice de vazios (Tabela 3) apresentou uma argamassa com um dos maiores valores de massa específica no estado endurecido.

Observando os resultados da Tabela 5, o teor da fração fina da areia na argamassa D (Figura 5) possivelmente provocou a diminuição do raio dos capilares devido o empacotamento dos grãos, com isso, a argamassa apresentou coeficiente de capilaridade superior em relação às demais argamassas deste estudo. Além disso, a areia D foi a que apresentou o menor índice de vazios entre todas as areias (Tabela 3), ou seja, fica evidenciado o preenchimento dos vazios pelos finos da areia e ocasionando o menor raio dos capilares da argamassa e o maior coeficiente de capilaridade.

## 4.1 Caracterização do comportamento reológico das argamassas

A seguir apresenta-se a caracterização do comportamento reológico das argamassas pelo ensaio *Squeeze flow*. Os dados da composição física das argamassas, itens já apresentados e discutidos anteriormente, embasarão a análise do seu comportamento reológico.

O perfil das curvas obtido no ensaio *Squeeze flow* realizado imediatamente após a mistura das argamassas está apresentado na Figura 7.

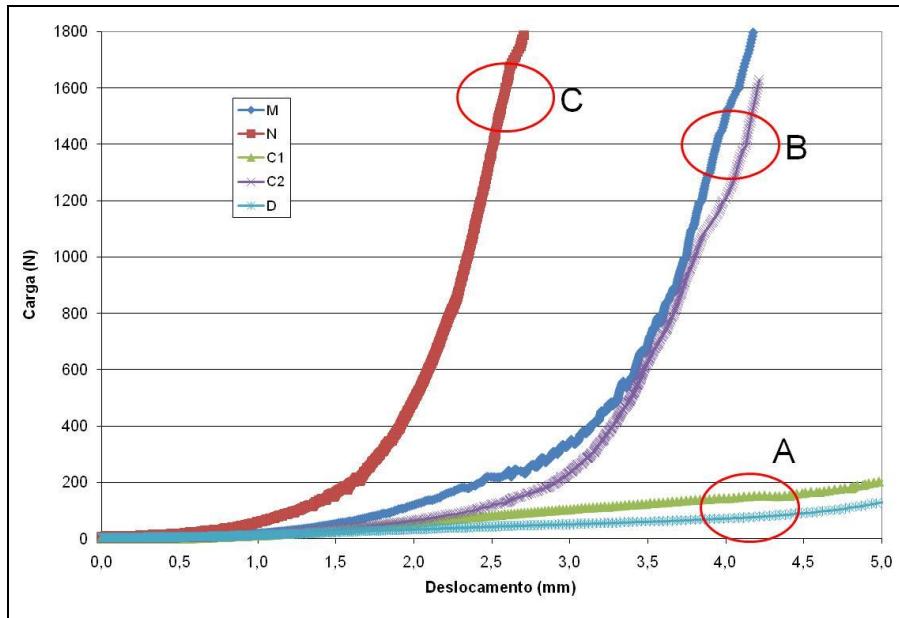


Figura 7 - Resultados de *Squeeze flow* das argamassas ensaiadas imediatamente após a mistura

Para uma melhor visualização, as 5 argamassas foram classificadas em 3 grupos de acordo com os níveis de carga máxima resultante: A) 0 – 210N, B) 0 – 6500N e C) 0 – 35000N

No grupo A observa-se a presença das argamassas C1 e D, com níveis de carga abaixo de 210N. Ambas as argamassas apresentaram distribuição granulométrica aberta com efeito decisivo na carga de compressão, ou seja, teve seu efeito prevalecido sobre o baixo teor de ar incorporado e o efeito da alta viscosidade apresentada pelas mesmas. Este comportamento é resultado dos maiores valores de densidade de massa no estado fresco, conforme apresentado na Tabela 4, aumentando o teor de pasta e mantendo os agregados distantes e lubrificados, mesmo com deformações de 5 mm. Como consequência, o enrijecimento por deformação não ocorre, e as cargas permanecem baixas.

No grupo B observa-se a presença de argamassa com teor de ar incorporado mais elevado como a M (Tabela 4) e teor de ar intermediário como a argamassa C2.

Já no grupo C, está a argamassa N, apresentando a curva com perfil passando direto do estágio inicial para o estágio de enrijecimento por deformação, sendo que a carga aumenta muito para pequenos deslocamentos e a deformação plástica não ocorre. O crescimento exponencial da carga caracteriza o enrijecimento por deformação, causado por altos níveis de atrito entre os agregados. Como a argamassa apresentou uma baixa densidade de massa devido ao baixo teor de finos do agregado miúdo, isto é, o teor de pasta é menor fazendo com que os agregados fiquem muito próximos dificultando o fluxo do material.

De uma forma geral, esses comportamentos tendem a influenciar a produtividade de aplicação desses produtos. A grande maioria dessas argamassas é aplicável, entretanto o quanto fácil é a aplicação depende do comportamento avaliado pelo *Squeeze flow*. Argamassas com granulometria aberta e baixas cargas determinadas por *Squeeze flow* são possivelmente de fácil espalhamento, entretanto podem ser excessivamente fluidas, apresentando baixa viscosidade, tal que não seja possível a aplicação de camadas espessas ou que a aplicação não possa ser imediata, logo após a sua mistura. Já as argamassas com cargas intermediárias, independente do teor de ar, tendem a possibilitar uma maior produtividade, especialmente aquelas que não apresentam indícios do terceiro estágio. Por outro lado, os produtos que necessitam de cargas muito maiores para serem deformados, possivelmente são de difícil aplicação resultando em baixa produtividade.

O índice de vazios dos agregados miúdos influenciou no comportamento reológico das argamassas, uma vez que, conforme verificado no ensaio *Squeeze flow* as argamassas que apresentaram as menores cargas aplicadas dentro do deslocamento proposto apresentaram também agregados miúdos com os menores índices de vazios, C1 e D e de maneira oposta a agregado miúdo natural (N) que apresentou o maior índice de vazios, também registrou a maior carga aplicada no ensaio *Squeeze flow*.



## 5 CONCLUSÕES

A distribuição granulométrica é o fator de maior influência no comportamento reológico das argamassas, sendo que outros parâmetros como teor de ar incorporado e morfologia das areias também se mostraram influentes, ou seja, os teores das frações fina e graúda das areias e o empacotamento desses grãos influenciaram no comportamento reológico das argamassas. Porém, há necessidade de maiores estudos para se determinar a dosagem ideal das frações das areias para um bom desempenho das argamassas de revestimento.

As argamassas produzidas com areia de britagem apresentaram baixos teores de ar incorporado com relação à argamassa de areia natural, possivelmente devido ao maior teor de material pulverulento.

As argamassas produzidas com areia de britagem apresentaram baixa retenção de água, porém com maior retenção de água do que a argamassa produzida com areia natural.

Comparativamente, a densidade de massa no estado endurecido das argamassas com areia de britagem foi maior do que da argamassa de areia natural. Esta propriedade pode ser utilizada para a caracterização das argamassas relacionadas à presença de vazios e às resistências mecânicas.

As resistências à compressão e à tração na flexão apresentaram-se maiores nas argamassas com areia de britagem quando comparadas com a argamassa produzida com areia natural, devido, principalmente, ao menor consumo de água e maior teor da fração fina.

A substituição da areia natural pela areia britada de rocha mostrou-se viável na produção de argamassas de revestimento.

## 6 REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** 162 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 9779** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13277** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13278** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

- \_\_\_\_\_. **NBRNM 23** Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- \_\_\_\_\_. **NBRNM 45** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- \_\_\_\_\_. **NBRNM 52** Agregado miúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. **NBRNM 248** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- BONIN, L. C. et. al. Estudo da influência da distribuição granulométrica nas propriedades de argamassas dosadas por curva granulométrica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, III., 1999, Vitória. Anais... Vitória: ANTAC, 1999. p. 3 - 26.
- CASTRO, A.L.; PANDOLFELLI, V.C. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Cerâmica*, n. 55, p. 18-32, 2009.
- COSTA, M. R. M. M. **Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos.** 131 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Curitiba. Brasília, 2004.
- PANDOLFO, L. M. et al. Propriedades das argamassas de revestimento produzidas com areia natural e areia de basalto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI, 2005, Florianópolis e INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MORTARS TECHNOLOGY, I, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2005. p. 53 – 58.
- FREEDONIA GROUP. **World Construction Aggregates to 2006.** Cleveland, 2006. Disponível em: <<http://www.freedomiagroup.com/DocumentDetails.aspx?DocumentId=4605>>. Acesso em 03/12/2008.
- PILEGGI, R.G. **Ferramentas para o estudo e desenvolvimento de concretos refratários.** 187p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.
- SAMPAIO, R. G.; BASTOS, P. K. X. Estudo da granulometria de areia de britagem para argamassas de revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VIII., 2009, Curitiba. Anais... Curitiba: ANTAC, 2009. p. 52-53.
- SILVA, N. G. da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** 180 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- TRISTÃO, F. A. et al. Uso da areia industrial de basalto em argamassas de revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI, 2005, Florianópolis e INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MORTARS TECHNOLOGY, I, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2005. p. 59 - 64.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LACTEC/LAME – Laboratório de Materiais e Estruturas do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, ao LAMIR – Laboratório de Análises de Minerais e Rochas do



# ENTAC 2010

6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, ao Laboratório de Ensaios de Materiais do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília e a empresa Optimiza Consultoria.