

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE AREIAS CALCÁRIAS PARA UTILIZAÇÃO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Alexandre G. Garay\*

Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa\*\*

Alécio Junior Mattana\*\*\*

**RESUMO:** A areia é um agregado importante na construção civil, mas sua exploração vem se tornando cada vez mais escassa, principalmente nos grandes centros urbanos. Assim, vem sendo necessárias alternativas para a substituição desse agregado. Devido a isso, já está em utilização areias artificiais, provenientes de moagem de rocha, mas seu desempenho é diferente da areia natural devido, principalmente, à morfologia e à quantidade de finos presente nesse agregado. Com isso o intuito desse trabalho foi analisar o desempenho de areias calcárias para utilização em argamassas de revestimento. Foram executadas misturas a partir de cinco areias, duas areias naturais e três areias artificiais de mesma procedência, sendo duas artificiais obtidas a partir de alteração granulométrica e uma obtida a partir de alteração granulométrica e morfológica, e uma natural obtida a partir de alteração granulométrica da natural de referência, com a morfologia dos grãos mantida. Foram formuladas cinco argamassas mistas de cimento e cal com proporção em volume de 1 : 2 : 9 (cimento:cal:areia) e a relação água/materiais secos de 0,15 para todas as misturas. Foram elaborados ensaios de densidade de massa e granulometria dos materiais, as misturas foram submetidas ao ensaio reológico Squeeze Flow. Os resultados apresentaram o comparativo entre as diferenças de comportamento de areia natural e artificial em argamassas e serviu para orientar possíveis ajustes no processo de produção da areia artificial principalmente no que diz respeito ao teor de finos de tal forma que possibilite superar eventuais barreiras podendo efetivamente substituir as areias naturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Areia Calcária; Argamassa de Revestimento.

## EVALUATION OF limestone SAND PERFORMANCE FOR MORTAR coating

**ABSTRACT:** Although limestone sand is a highly important material in construction, its exploitation is becoming increasingly scarce, especially in large cities, and other alternatives should be available for its replacement. Artificial sand derived from the crushing of rocks, is already in use but its performance is different from the natural sand. This is primarily due to its morphology and amount of fine sand particles. Current study analyzes the performance of limestone sand in mortar coating. A mixture was made from five types of sand, namely two natural types of sand and three artificial ones from the same place; two artificial types of sand were obtained from granulometric changes and one from granulometric and morphological changes; the natural type of sand was obtained from the granulometric change of the natural type, maintaining the sand grains morphology. Five types of mixed mortar were undertaken derived from cement and lime mixed at the ratio 1 : 2 : 9 (cement: lime: sand) and at ratio water / dry material of 0.15 for all mixtures. Mass density and granulometry of material assays were undertaken and mixtures were assessed by the Squeeze Flow rheological test. The difference in behavior of natural and artificial sand in mortars was compared and the result was a guide for possible adjustments in the production of artificial sand with special regard to the rates of fine particles so that all impairments may be overcome and natural types of sand replaced.

**KEYWORDS:** Sand Limestone; Lining Mortar.

---

\* Engenheiro Químico; Consultor na Optimiza Consultoria Ltda ME em Colombo - PR. E-mail: alexandregaray@optimizaconsult.com.br

\*\*Engenheira Civil; Docente Doutora do Departamento de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná - UFPR. E-mail: mariennecosta@uol.com.br

\*\*\*Discente e Participante do Programa de Iniciação Científica da Universidade Federal do Paraná - UFPR. E-mail: alehcio@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O impacto ambiental ocasionado pela indústria da construção civil na utilização de areia natural retirada do leito dos rios é um problema que precisa e pode ser equalizado através do emprego de areia artificial proveniente da britagem de rochas. Além do impacto ocasionado à natureza, o produto já se faz escasso nos leitos ocasionando um problema já próximo de falta de material para a confecção de argamassas e concretos.

A areia explorada na região metropolitana de Curitiba é quase que exclusivamente proveniente dos depósitos do Rio Iguaçu. Devido a determinações do Ministério Público, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) suspendeu a liberação de diversas licenças ambientais para a exploração de areia nos aluviões, devido à preservação das regiões costeiras ao rio. Uma alternativa para viabilizar a falta de areia natural em local próximo à região de Curitiba é o emprego de areia artificial proveniente de britagem de rochas calcárias (SILVA, 2006).

A areia artificial apresenta características morfológicas diferentes da areia natural, ocasionando, portanto diferenças de comportamento deste material nas argamassas (SILVA; BUEST; CAMPITELI, 2005). Dentre as características das areias que devem ser estudadas e conhecidas, pois as mesmas influenciam no desempenho das argamassas, destaca-se a sua granulometria e morfologia. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é verificar o potencial de desempenho reológico de areia artificial em argamassas, quando comparada com areia natural. Cabe destacar que reologia é o campo da ciência que procura descrever as deformações dos materiais dependentes do tempo, quando os mesmos são expostos a ações mecânicas, como uma função de sua composição e estrutura (NIELSEN, 1929).

Tendo em vista que as argamassas são aplicadas no estado fluido, o seu desempenho reológico é fundamental para possibilitar a sua facilidade de aplicação nas paredes quando se trata de argamassa para revestimento (MATTANA; COSTA, 2009). Cabe destacar que este trabalho se enquadra dentro de uma pesquisa que está em andamento para avaliar as areias artificiais da região metropolitana de Curitiba como uma nova alternativa para a construção civil local.

Assim sendo, este trabalho não pretende esgotar a investigação do assunto uma vez que estuda apenas o comportamento reológico das argamassas em função de duas importantes variáveis da areia, curva granulométrica e morfologia dos grãos

dentro de um número restrito, porém, representativo de amostras.

Muito embora este tema deva ser aprofundado e estendido para outras propriedades das argamassas que se contemplam ainda num universo maior de amostras, o mesmo já dá sua contribuição para derrubar mitos contrários ao uso de areia artificial.

## 2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi executado a partir de 5 (cinco) areias, 2 areias naturais e 3 areias artificiais de mesma procedência, sendo duas artificiais obtidas a partir de alteração granulométrica e uma obtida a partir de alteração granulométrica e morfológica, e uma natural obtida a partir de alteração granulométrica da natural de referência, com a morfologia dos grãos mantida.

Os ajustes granulométricos e morfológicos empregados na pesquisa tiveram a seguinte premissa: um universo amostral com uma areia natural e uma areia artificial sem alteração física alguma, uma areia artificial com teor nulo de finos e ajuste simultâneo da morfologia a fim de observar o impacto deste no desempenho reológico da argamassa quando comparada à areia natural, uma areia artificial com redução do teor de finos e manutenção da morfologia, neste caso uma tentativa de verificar o impacto da redução dos finos sobre o desempenho.

Essa alteração foi uma tentativa de aproximar as características físicas entre a areia artificial e a areia natural, pois o objetivo principal desse trabalho é verificar se a areia artificial calcária possui potencial de desempenho em argamassas que a possibilite substituir a areia natural em argamassas e com quais condições físicas. O Quadro 1 apresenta a denominação adotada para as areias. A areia natural (D) foi originada a partir de um ajuste granulométrico da areia natural A (in natura) para torná-la com distribuição contínua, reduzindo com isso os picos da curva granulométrica encontrados em algumas peneiras.

A areia artificial (B) (in natura) originou a areia artificial (C), através da retirada dos finos (material passante na peneira no. 200) e de pequena alteração da morfologia dos grãos pelo desgaste das arestas em moinho autógeno, tornando-a mais próxima morfológicamente da areia natural.

A areia artificial (E) é também calcária como a (B), mas de procedência fabril diferente. A alteração sofrida por esta areia foi a redução do teor de finos de 25% para 5%, teor este mais próximo do teor apresentado pela areia natural. A areia (E) não teve alteração da sua morfologia.

**Quadro 1** Denominação adotada para as areias

Areia A	Areia B	Areia C	Areia D	Areia E
Areia natural 1 (de referência)	Areia artificial calcária 1 (de referência)	Areia artificial calcária 2	Areia natural 2	Areia artificial calcária 3
Areia natural comercializada na região metropolitana de Curitiba e utilizada sem alteração física	Produzida em central de britagem e utilizada sem alteração física	Obtida a partir de alteração granulométrica e morfológica da areia B	Obtida a partir de alteração granulométrica da areia A	Natureza semelhante à areia B, mas proveniente de outra central, porém com redução do teor de finos

A partir das 5 areias foram formuladas 5 argamassas mistas de cimento e cal, todas formuladas com cimento Portland CP II-(F) e cal hidratada tipo CH III de acordo com a NBR 13276 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). A proporção em volume adotada para as argamassas foi 1 : 2 : 9 (cimento:cal:areia) e a relação água/materiais secos foi mantida igual a 0,15 para todas as 5 misturas.

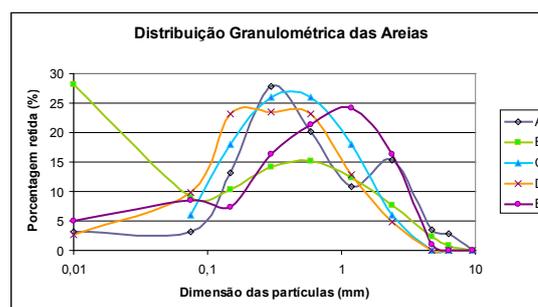
Quanto aos ensaios realizados, as areias foram caracterizadas granulometricamente por meio do peneiramento mecânico nas peneiras de série normal e morfológica através de lupa eletrônica.

O cimento, cal hidratada foram submetidas à determinação da densidade de massa aparente no estado anidro. As 5 areias também foram submetidas à densidade de massa aparente segundo a NBR NM45 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), fornecendo dados para o cálculo das dosagens em massa das argamassas. As argamassas foram caracterizadas reologicamente no estado fresco através do ensaio Squeeze Flow.

O ensaio de Squeeze Flow, que é amplamente aplicado para a caracterização dos mais diversos tipos de pastas incluindo alimentos, cosméticos, materiais cerâmicos e compósitos poliméricos (CARDOSO; PILEGGI; JOHN, 2006). Estudo pioneiro em materiais de construção utilizando Squeeze Flow para a caracterização de uma pasta de cimento, verificando as alterações reológicas decorrentes da consolidação do ligante. No Brasil, há pouco tempo esse ensaio vem sendo realizado para caracterização reológica das argamassas, mas tem fornecido resultados satisfatórios, sensíveis e versáteis. Isso possibilita verificar minuciosas influências entre as diferentes matérias primas presente nas argamassas.

Para o Squeeze Flow foram moldados corpos de prova com 200 mm de diâmetro e 10 mm de altura, dispostos entre duas

placas planas de aço, instaladas numa prensa EMIC modelo DL 10.000 (Figura 1) e submetidos a uma carga de compressão que poderia variar de 0 a 2000 N, com taxa de deslocamento da placa superior de 0,01 mm/s. O deslocamento máximo programado foi de 5 mm.

**Figura 1** Curvas de distribuição granulométrica das areias.

### 3 RESULTADOS

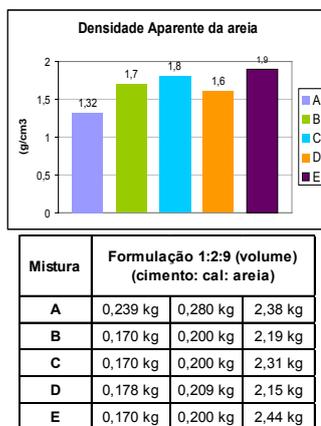
Os resultados de densidade de massa aparente das areias no estado anidro estão apresentados na figura 2, juntamente com os quantitativos de material utilizados em cada mistura. Cabe destacar que a densidade do cimento foi determinada igual a 1,193 kg/dm<sup>3</sup> e da cal 0,7 kg/dm<sup>3</sup>.

A areia (A) possui densidade inferior às outras 3 areias, logo maior teor de pasta na mistura devido ao maior teor de cimento.

Também representará uma argamassa mais cara, benefício que deve ser verificado efetivamente pelo comportamento reológico. Maior quantidade de pasta determinará um comportamento reológico mais satisfatório, mas certamente é necessário verificar também a distribuição granulométrica das areias, fator também fundamental e influente no desempenho da argamassa no estado fresco.

Na figura 1 apresentam-se as curvas de distribuição gra-

nométrica das 5 areias estudadas. O teor de finos das areias pode ser observado nas porcentagens indicadas na abertura 0,01 mm, ou seja, grãos com granulometria inferior a 0,075 mm



**Figura 2** Resultados de densidade de massa das areias e dos quantitativos de material das misturas a partir das densidades determinadas.

Com as tentativas de ajuste das curvas granulométricas da areia de procedência natural e da areia de procedência artificial a fim de aproximá-las, pode-se observar no gráfico da figura 1, três grupos resultantes de curvas cujas areias se assemelham granulometricamente, sendo eles: grupo das areias (A) e (E), grupo das areias (C) e (D) e grupo constituído unicamente pela areia (B).

O grupo (A/E) com distribuição desuniforme caracterizada por picos mais salientes em algumas aberturas de peneira mostrando maior concentração isolada de material nas mesmas; o grupo (C/D) com distribuição mais uniforme apesar da diferença entre teores de material pulverulento entre as duas areias, no qual a areia (C) foi ajustada para apresentar teor nulo de finos a fim de verificar o impacto sobre o desempenho da argamassa; o grupo da areia (B) com distribuição mais contínua e uniforme quando comparada com as demais, além do alto teor de material pulverulento.

A análise paralela entre as curvas obtidas no ensaio Squeeze Flow e as curvas de distribuição granulométrica mostram que as semelhanças de granulometria das areias refletiram-se nas semelhanças de comportamento reológico das respectivas argamassas.

Avaliando-se o comportamento entre grupos, verifica-se que a argamassa (B) foi a mais fácil de deformar (mostrada pelo maior deslocamento no ensaio Squeeze Flow) devido ao alto teor de finos na mistura o que refletiu em maior teor de pasta, provavelmente em maior lubrificação e mobilidade entre os grãos de areia da mistura.

Cabe destacar que, apesar do melhor desempenho reológico

co dessa argamassa (B), é evidente que o teor de finos da areia (B) é excedente e poderá causar problemas de retração plástica da argamassa, conseqüentemente fissuração em excesso após o endurecimento da argamassa de revestimento. De qualquer forma o desempenho apresentado pela argamassa (B) cuja areia é artificial sem beneficiamento, superou o desempenho reológico da argamassa (A), cuja areia é natural (in natura).

No grupo das argamassas (C/D) tem-se outra situação para o comparativo de desempenho reológico entre argamassa com areia natural e com areia artificial. Nesse caso a areia natural (D), que foi criada a partir da areia (A), sofreu ajuste granulométrico a fim de tornar a distribuição granulométrica mais uniforme.

A areia (B) teve sua curva aproximada à curva da (A), com a diferença da retirada do teor de finos e alteração morfológica dos grãos para reduzir possíveis arestas dos grãos que dificultam o desempenho reológico.

Observa-se que novamente o desempenho reológico entre areia natural e areia artificial se mostra quase igual. A ausência de finos na areia (C) poderia ter influenciado negativamente o desempenho reológico devido à redução de pasta do sistema, mas supõe-se que o ajuste morfológico dos grãos da areia (C) contribuiu sobremaneira para superar essa carência e permitir que as argamassas deste grupo se assemelhem reologicamente.

No grupo (A/E) a areia natural se depara novamente com uma areia artificial, mas de outra central.

Neste caso o único beneficiamento sofrido pela areia artificial foi a redução do teor de finos para 5%, o que já implicou praticamente no mesmo desempenho reológico mostrado pela argamassa com areia A que é natural sem alteração física.

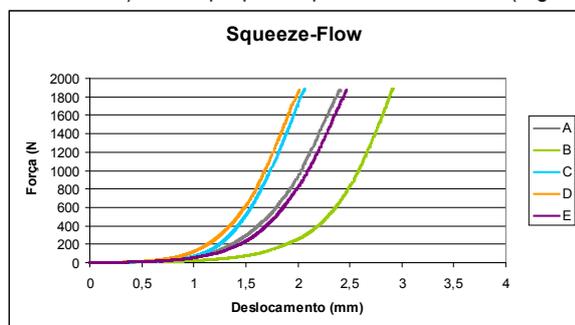
Desta forma, através das análises realizadas pode-se resumir que a areia artificial possui alto teor de finos e que o ajuste desse teor para os valores normalmente indicados para areias utilizadas em argamassas (próximo de 5% de material pulverulento) a aproxima sobremaneira do comportamento de areia natural em argamassas.

Persson (1998) considera que geralmente os materiais britados de rocha são mais alongados e com superfícies mais rugosas do que agregados natural o que, em princípio, dificulta sua utilização para argamassas de revestimento além de aumentar o consumo de aglomerantes. Mas devido à redução das arestas provenientes do processo de britagem, a morfologia desses grãos ficou mais próxima da areia natural, melhorando a o comportamento reológico da argamassa, mesmo com teor nulo de finos (Figura 4).

Fazendo-se agora o comparativo das curvas do Squeeze

Flow entre os grupos identificados tanto na granulometria quanto na reologia, observa-se que a mistura preparada com a areia B apresentou-se mais plástica devido à maior quantidade de finos (maior quantidade de pasta).

A mistura (A) apresentou um comportamento mais plástico que as misturas (C) e (D), isso devido à baixa densidade aparente, o que ocasionou uma maior quantidade de cimento (proporcionalmente) na sua formulação, que tende a aumentar a quantidade de pasta. As areias (C) e (D) se apresentaram menos plásticas. A mistura elaborada com a areia (C) não possuía teor de finos e uma densidade aparente mais alta do que a areia (D), mas, por ser uma areia com granulometria melhor distribuída, apresentou um resultado semelhante à mistura (C), que apresentou menor densidade aparente (mais cimento proporcionalmente) e uma pequena quantidade de finos (Figura 3).



**Figura 3** Curvas de comportamento reológico das argamassas determinadas no ensaio Squeeze Flow.

Na figura 4 apresenta-se o formato dos grãos na faixa de peneira de abertura 2,4 mm. A caracterização morfológica das 4 areias foi realizada para todas as faixas de peneira ABNT (desde 2,4 mm até 0,75 mm). Devido à semelhança de morfologia entre as faixas de grãos, optou-se por mostrar os grãos da peneira de abertura 2,4 mm para facilitar a visualização do seu formato.

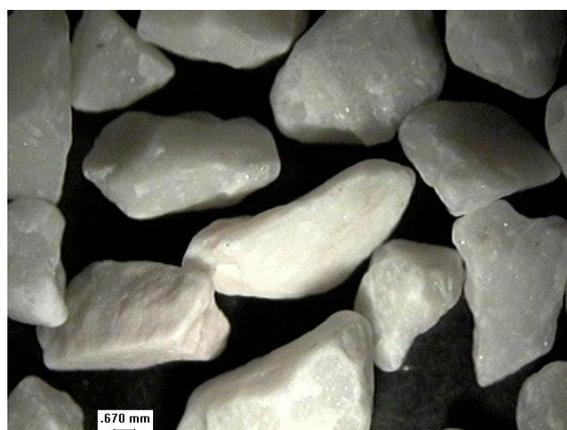
**Areia A - natural**



**Areia B - Artificial calcária**



**Areia C - Artificial calcária modificada (morfologia alterada)**



**Figura 4** Imagem dos grãos retidos na peneira de abertura 2,4 mm de 3 areias utilizadas.

As imagens mostram que a areia artificial sem alteração morfológica, quando comparada com a areia natural, apresenta arestas vivas e planos de clivagem provenientes da moagem de que resultam em grãos com paredes mais lisas. Essa areia (areia C), após ter sido submetida ao moinho autógeno, apresentou grãos com arestas mais arredondadas. Já a areia natural mostra maior rugosidade nas paredes dos grãos além dos grãos serem mais arredondados.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões aqui apresentadas procuraram mostrar o comparativo entre as diferenças de comportamento de areia natural e artificial em argamassas e serviu para orientar possíveis ajustes no processo de produção da areia artificial, principalmente no que diz respeito ao teor de finos de tal forma que possibilite superar eventuais barreiras, podendo efetivamente substituir as areias naturais.

Em nenhum momento procurou-se esgotar o assunto, mas indicar caminhos para a continuidade da pesquisa e validações mais precisas. De qualquer forma foi possível identificar o potencial de uso das areias artificiais que empregada com as características in natura já se assemelham sobremaneira às areias naturais.

O estudo realizado no momento se restringe às amostras apresentadas e a ampliação de tipos de areia artificial de outros fornecedores se faz necessário. Ficou claro também que, das características avaliadas das areias (densidade, morfologia e granulometria), a granulometria foi a que mais impactou sobre o desempenho reológico da argamassa.

Uma vez que se teve como comparativo uma única amostra de areia natural, muito embora este material represente a areia consumida na região metropolitana de Curitiba, é recomendável que futuras avaliações considerem areias naturais de outras procedências ampliando, assim, o processo investigativo e as conclusões.

Dentro de seu objetivo e abrangência estudada o trabalho foi conclusivo no sentido de comprovar a viabilidade de uso das areias artificiais em substituição às areias naturais, principalmente considerando a escassez e o declínio gradativo da qualidade da areia natural disponibilizada ao mercado da construção civil ultimamente.

## REFERÊNCIAS

- 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, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- CARDOSO, Fábio A.; PILEGGI, Rafael G.; JOHN, Vanderley M. Caracterização Reológica De Argamassas Pelo Método De Squeeze-Flow. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA EM ARGAMASSAS, 6., 2005. **Anais...** Florianópolis, SC: [S. n], 2005.
- SILVA, Narciso G.; BUEST, Guilherme; CAMPITELI, Vicente C. Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA EM ARGAMASSAS, 6., 2005. **Anais...** Florianópolis, SC: [S. n], 2005.
- NIELSEN, A.. **Rheology of building materials**. National Swedish building research. [S. l.]: [S. n.], 1929. Document D6.
- MATTANA, Alécio Júnior, COSTA, Marianne R. M.. Estudo da influência do tipo de cimento no comportamento reológico de argamassas de revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA EM ARGAMASSAS, 8., 2009. **Anais...** Curitiba, PR: [S. n], 2009.
- PERSSON. Anna-Lena. Image analysis of shape and size of fine aggregates. **Engineering Geology**, v. 50, p. 177-186, 1998.
- SILVA, Narciso Gonçalves. **Argamassa de Revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR: UFPR, 2006.

*Recebido em: 31 Julho 2009*

*Aceito em: 13 Setembro 2010*