

# **Caracterização de Areia Natural e Areia Artificial por Análise de Imagens**

**Ariella Vianna Fontes**

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia de Materiais, UFRJ

**Otávio da Fonseca Martins Gomes**

Orientador, Eng. Químico, D. Sc.

## **Resumo**

A substituição da areia natural, na construção civil, por areia artificial produzida a partir de resíduos de construção e demolição (RCD), popularmente chamados entulho, representa uma possibilidade de reciclagem desses resíduos e até mesmo de redução de custos. A maior dificuldade para o emprego da areia oriunda de RCD reciclado é a classificação desse material, que é muito heterogêneo.

O presente trabalho propõe uma metodologia simples de caracterização de areia através da análise da forma e textura de suas partículas. A metodologia foi testada na comparação areias naturais e artificiais e apresentou resultados expressivos.

## **1. Introdução**

No Brasil, os resíduos de construção e demolição (RCD), popularmente chamados de entulho, representam cerca de 50% dos resíduos sólidos, sendo 90% de origem mineral (Angulo, 2005). A enorme quantidade desses resíduos, principalmente nas grandes cidades, tem se tornado uma fonte de preocupação em todo mundo devido a aspectos ambientais, econômicos e até mesmo sociais (Rao et al., 2007).

A substituição da areia natural, utilizada na construção civil, por RCD reciclado é uma das alternativas mais promissoras para reduzir esses resíduos. Vantagens como a preservação das reservas naturais de matéria-prima; a diminuição da poluição gerada pelo entulho e conseqüentemente seus efeitos deletérios; e a renda gerada pela comercialização da areia artificial são aspectos que mostram a importância da substituição da areia natural pela reciclada.

A crescente dificuldade de encontrar areia natural nas regiões próximas a grandes centros urbanos faz com que os custos aumentem, já que os gastos com transporte são maiores. Ao mesmo tempo, a necessidade de locais adequados para depositar entulho também é um fator que onera os custos.

Todavia, apesar dos evidentes benefícios, a areia artificial ainda é pouco empregada. A maior dificuldade à produção e utilização de areia oriunda de RCD reciclado reside na classificação dos constituintes desses resíduos, que são muito heterogêneos (Brisola et al., 2009).

O presente trabalho propõe uma metodologia simples de caracterização de areia baseado em microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise digital de imagens. A metodologia desenvolvida consiste na avaliação da forma e textura das partículas de areia e foi testada na comparação areias naturais e artificiais.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Amostras

Três amostras de areia artificial produzidas, respectivamente, a partir de RCD de argamassa (AA1), cerâmica (AA2) e concreto (AA3); e duas amostras de areia natural, chamadas areia fina (AN1) e areia média (AN2), foram classificadas em série de peneiras. Alíquotas representativas das frações 500 a 1000  $\mu\text{m}$  e 250 a 500  $\mu\text{m}$  de cada amostra foram embutidas em resina epóxi, lixadas e polidas de acordo com a preparação metalográfica tradicional. Por fim, os dez corpos de prova foram recobertos com carbono, com o metalizador Bal-Tec SCD 005, para tornarem-se condutores, adequados à análise ao MEV. Para as amostras com granulometria entre 500 e 1000  $\mu\text{m}$  a magnificação empregada foi de 50x e para granulometria entre 250 e 500  $\mu\text{m}$  adotou-se 100x.

### 2.2. Aquisição de Imagens ao MEV

As imagens foram adquiridas no MEV LEO S440, através do detetor de elétrons retro-espalhados (BSE), que gera imagens com contraste por número atômico médio em amostras polidas (Goldstein et al., 1992). Foram capturadas, para cada corpo de prova, dezenas de imagens de campos regularmente espaçados, de maneira automática, com o uso da platina motorizada do MEV.

### 2.3. Análise Digital de Imagens

Todo o procedimento de análise de imagens, foi realizado através de uma rotina implementada no *software* Zeiss AxioVision, de acordo com a seguinte seqüência de processamento e análise: segmentação; preenchimento de buracos; separação de partículas; e pós-processamento lógico e morfológico.

A segmentação foi feita através da limiarização do histograma de níveis de intensidade das imagens (Gonzalez & Woods, 2002). Inicialmente a escolha dos limiares foi realizada pelo operador de forma interativa. Todos os pixels com intensidade acima do limiar tomam-se brancos, representando as partículas, enquanto os pixels do fundo ficam pretos. A partir de então, limiares fixos para cada amostra foram empregados, efetivamente automatizando a etapa de segmentação.

O preenchimento de buracos visa mitigar a ocorrência de erros de fragmentação na etapa seguinte do processamento. De fato, buracos e poros podem nuclear falsos divisores na operação morfológica de separação de partículas.

No pós-processamento, realiza-se a eliminação de objetos espúrios, de partículas muito pequenas e de partículas nas bordas da imagem. Este procedimento, assim como a etapa de separação das partículas, é fundamental para sua correta delimitação e conseqüente medição dos parâmetros de forma e textura.

A Figura 1 apresenta as imagens resultantes das etapas de processamento e análise de um campo típico da amostra AA3 (RCD de concreto) 500–250  $\mu\text{m}$ : (a) imagem original; (b) segmentação; (c) preenchimento de buracos; (d) separação de partículas (com as linhas de separação sobrepostas em verde); e (e) imagem final, pronta para a realização das medições.

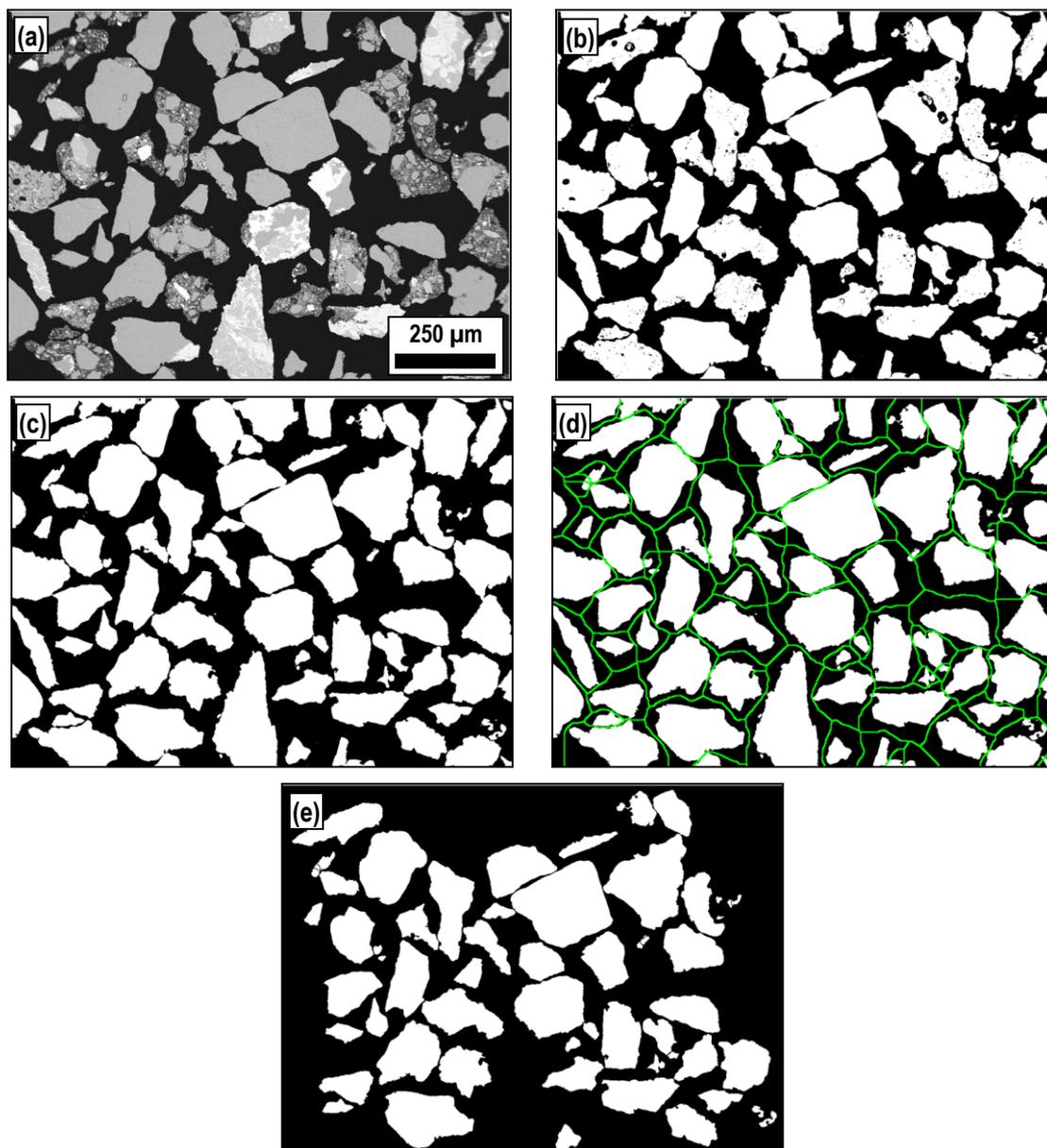


Figura 1. Imagens das etapas de processamento e análise de um campo da amostra AA3 500–250  $\mu\text{m}$ : (a) imagem original; (b) segmentação; (c) preenchimento de buracos; (d) separação de partículas (com as linhas de separação sobrepostas em verde); e (e) imagem final.

Não existe uma definição universal para forma. Geralmente a forma de um objeto está relacionada a algum padrão e a análise ocorre de modo comparativo. Na análise de imagens, a forma é geralmente caracterizada pela quantificação da diferença entre um dado objeto e uma forma de referência. Tradicionalmente, são utilizados fatores de forma adimensionais, obtidos a partir de medidas geométricas básicas, como perímetro, área, etc. Geralmente tais fatores variam entre 0 e 1, onde o valor máximo seria a forma perfeita e o valor mínimo correspondente a uma forma irregular (Gomes et al., 2010). Os parâmetros de forma utilizados neste trabalho foram a razão de aspectos (F-Ratio), que expressa o alongamento da partícula, e o fator de forma circular (F-Circle), que denota a circularidade e a suavidade do contorno.

Embora não exista nenhuma definição formal para textura, pode-se dizer que a textura em uma imagem denota características intuitivas como suavidade, homogeneidade, regularidade, etc. A visão humana é capaz de distinguir a textura facilmente, mas computacionalmente avalia-se textura de acordo com a variação dos níveis de cinza das partículas. Existem diversos métodos para caracterização de textura na imagem e uma das abordagens mais simples é a utilização de medidas estatísticas de ocorrência dos níveis de cinza, tais como média, desvio padrão e assim por diante (Gomes et al., 2010). No presente trabalho, a textura foi avaliada através do coeficiente de variação (CoV) dos níveis de cinza das partículas, que é o desvio padrão dividido pela média. Vale ressaltar que não se trata de textura metalográfica, que possui um significado completamente diferente, pois está ligada a distribuição de orientações cristalográficas dos cristalitos em materiais policristalinos. Os dois contextos estão relacionados, mas são dificilmente comparáveis.

### 3. Resultados e Discussões

No total, 15589 partículas foram medidas. A Tabela 1 e a Tabela 2 mostram a média e o desvio padrão dos resultados obtidos na medição dos parâmetros de forma (F-Ratio e F-Circle) e textura (CoV) das partículas das amostras de areia natural e artificial, respectivamente, nas frações 250 a 500  $\mu\text{m}$  e 500 a 1000  $\mu\text{m}$ .

Tabela 1. Parâmetros medidos nas amostras com granulometria de 250 a 500  $\mu\text{m}$ .

	F-Ratio		F-Circle		CoV*	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<b>AN1</b>	0,67	0,12	0,75	0,10	0,05	0,02
<b>AN2</b>	0,65	0,12	0,70	0,09	0,07	0,03
<b>AA1</b>	0,66	0,12	0,69	0,11	0,21	0,09
<b>AA2</b>	0,65	0,12	0,65	0,12	0,23	0,09
<b>AA3</b>	0,63	0,12	0,67	0,11	0,30	0,17

\* CoV é o coeficiente de variação dos níveis de intensidade.

Tabela 2. Parâmetros medidos nas amostras com granulometria de 500 a 1000  $\mu\text{m}$ .

	F-Ratio		F-Circle		CoV*	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<b>AN1</b>	0,69	0,12	0,74	0,15	0,05	0,02
<b>AN2</b>	0,66	0,13	0,70	0,11	0,06	0,03
<b>AS1</b>	0,67	0,11	0,65	0,14	0,18	0,11
<b>AS2</b>	0,63	0,13	0,60	0,14	0,19	0,08
<b>AS3</b>	0,62	0,14	0,65	0,13	0,28	0,13

\* CoV é o coeficiente de variação dos níveis de intensidade.

As amostras de areia natural, em ambas as faixas granulométricas, apresentaram partículas com forma ligeiramente mais arredondada, como descrito na literatura (Westernholm et al., 2008). As médias de F- Circle (0,75; 0,70; e 0,74; 0,70) foram um pouco maiores do que as obtidas para as amostras de areia artificial (0,69; 0,65; 0,67; e 0,65; 0,60; 0,65). Os resultados obtidos para F- Ratio foram similares.

Por outro lado, as areias naturais e artificiais apresentaram texturas claramente diferentes, o que fica evidente nos seus maiores valores de CoV. De fato, as partículas de areia artificial são principalmente aglomerados de partículas, por vezes, compostas por diferentes minerais. Além disso, elas apresentam maior quantidade de poros. Assim, seus níveis de cinza variam muito e, conseqüentemente, sua CoV tem valores maiores. Na Figura 2 e na Figura 3, são mostrados os histogramas de distribuição dos valores de F-Circle e CoV da fração 250-500  $\mu\text{m}$  das amostras de areia artificial e natural, respectivamente.

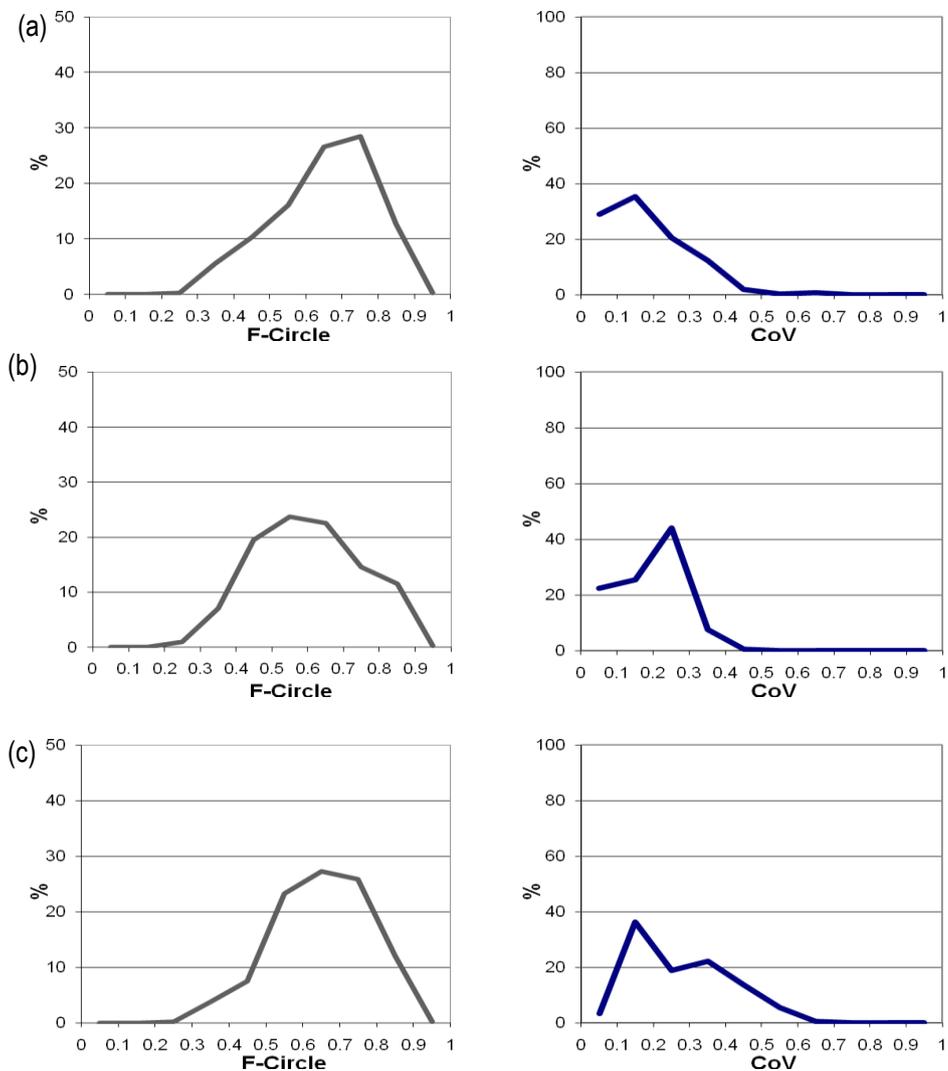


Figura 2. Histogramas de distribuição dos valores de F-Circle e CoV da fração 250-500  $\mu\text{m}$  das amostras de areia artificial: (a) AA1; (b) AA2; e (c) AA3.

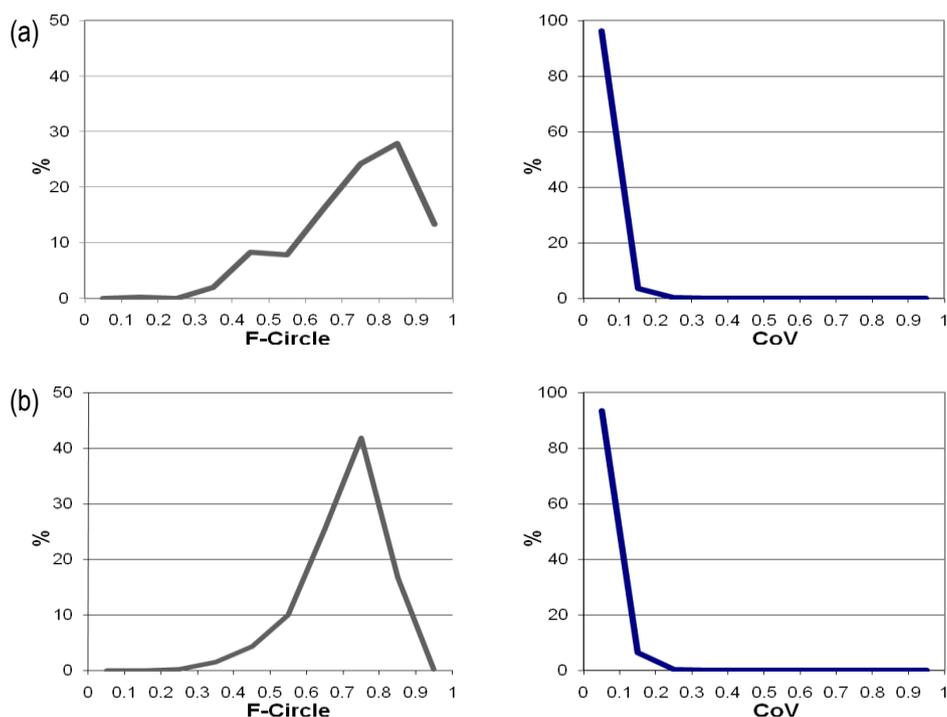


Figura 3. Histogramas de distribuição dos valores de F-Circle e CoV da fração 250-500  $\mu\text{m}$  das amostras de areia natural: (a) AN1; e (b) AN2.

Ao comparar os histogramas exibidos na Figura 2 e na Figura 3, fica evidente a diferença de textura existente entre as areias naturais e artificiais caracterizadas. O mesmo comportamento foi observado na fração 500-1000  $\mu\text{m}$  das amostras.

#### 4. Conclusões

Uma metodologia para caracterização de forma e textura de partículas de areia por análise de imagens foi desenvolvida. Ela foi testada com amostras de areias artificiais, oriundas de RCD, e areias naturais.

Conforme esperado, as areias naturais apresentaram partículas um pouco mais arredondadas. No entanto, essa diferença mostrou-se sutil. Por outro lado, a medição da textura das partículas foi fundamental para exibir as diferenças entre as areias. As areias artificiais apresentaram texturas mais heterogêneas, devido a suas partículas serem geralmente formadas por aglomerados, às vezes de vários minerais, e terem maior quantidade de poros.

Como trabalhos futuros, os autores pretendem correlacionar essas medidas microestruturais com propriedades físicas das areias, como porosidade e densidade, e com o desempenho dos materiais de construção produzidos a partir delas.

#### 5. Agradecimentos

Ao PIBIC/CNPq pela bolsa; ao CETEM pela oportunidade; ao professor Paulo Roberto Lopes Lima, da UEFS, pelas amostras, e ao orientador Otávio Gomes pela dedicação e atenção em todas as etapas do trabalho.

## 6. Referências Bibliográficas

- ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. 236p. Tese (Doutorado) – Engenharia de construção civil e urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil).
- BRISOLA, D.F. ; GOMES, O.D.M. ; PACIORNIK, S. Classificação Automática de Partículas Finas de Resíduo de Construção e Demolição (RCD). In: XVII Jornada de Iniciação Científica - CETEM, 2009, Rio de Janeiro. XVII Jornada de Iniciação Científica - CETEM. Rio de Janeiro: CETEM, 2009. v. 1. p. 220-226.
- GOLDSTEIN, J.I.; NEWBURY, D.E.; ECHLIN, P.; JOY, D.C.; ROMIG, A.D., Jr.; LYMAN, C.E.; FIORI, C.; LIFSHIN, E. **Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. A text for biologists, materials scientists and geologists**. 2. ed. Plenum Press, 1992.
- GOMES, O.D.M. ; Lima, P.R.L. ; PACIORNIK, S. ; BRISOLA, D.F. ; CUNHA, B.M. . Classification of fine particles from construction and demolition waste through image analysis. In: 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing - IWSSIP 2010, 2010, Rio de Janeiro. IWSSIP 2010 - Proceedings. Niterói: EdUFF Editora da Universidade Federal Fluminense, 2010. p. 368-371.
- GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. **Digital Image Processing**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002.
- RAO, A.; JHA, K.N.; MISRA, S. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 1, pp. 71-81, 2007.
- WESTERNHOLM, M.W.; LAGERBLAD, B.; SILFWERBRAND, J.; FORSSBREG, E. Influence of fine aggregate characteristics on the rheological properties of mortars. **Cement & Concrete Composites**, v. 30, p. 274-282, 2008.